corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 21 - 28 gennaio 1961 un fascicolo lire 150 17° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

LA VALVOLA TERMOIONICA : TETRODI e PENTODI

Sebbene il triodo rappresenti un dispositivo di grande importanza nel campo della radiotecnica, il suo impiego nelle apparecchiature di amplificazione risulta alquanto limitato. La ragione principale di questa limitazione è, come abbiamo visto, la capacità presente fra i suoi elettrodi ed in modo particolare quella esistente tra la griglia e la placca. Quando le frequenze di lavoro sono alte, e tanto più con l'accrescere delle stesse, la capacità griglia-placca diventa sempre più facile via per il trasferimento di energia di ritorno dal circuito di uscita a quello di entrata. Questa azione risulta maggiormente pronunciata allorchè si hanno circuiti risonanti sia sulla griglia che sulla placca, sintonizzati sulla stessa frequenza o su frequenze prossime. La conseguenza di ciò è che il triodo viene usato raramente come amplificatore, a meno che non venga fatto ricorso ad un sistema appropriato di neutralizzazione per controbilanciare il non desiderato ritorno del segnale.

La neutralizzazione non rappresenta però una soluzione soddisfacente in modo completo. Più è alta la frequenza di funzionamento e più critica diventa la messa a punto della neutralizzazione stessa. Qualche volta, inoltre, è impossibile neutralizzare adeguatamente su di una intera banda. Soprattutto, la neutralizzazione è, in definitiva, una soluzione che risulta critica e fastidiosa. Essa viene ancora applicata in qualche apparecchiatura, ma in generale il suo uso è stato ridotto in seguito allo sviluppo di nuovi tipi di valvole che possono ovviare alla necessità di una neutralizzazione in virtù di una forte riduzione della capacità interelettrodica griglia-placca e, di conseguenza, del passaggio dell'energia di ritorno.

In aggiunta a quanto si è detto sopra, risulta anche che il triodo non soddisfa tutti i requisiti, o meglio le necessità di amplificazione che ricevitori, trasmettitori e apparecchiature affini presentano. Il rapporto fisico esistente tra gli elettrodi del triodo è tale da porre troppo presto dei limiti al grado di amplificazione, ossia è tale da non poter raggiungere i limiti che teoricamente sarebbero raggiungibili con la valvola. Un tempo ciò costituì un grave problema per i progettisti in quanto il progresso nel campo delle telecomunicazioni dipendeva, e dipende tuttora, dalle possibilità di amplificazione delle apparecchiature.

La risposta a questo problema è stata trovata, praticamente, a mezzo di due altri tipi di valvola. Entrambi sono basati sul triodo ma presentano delle modifiche rispetto alla valvola originale a tre elementi. Una versione è costituita dal **tetrodo**, ossia valvola elettronica a quattro elementi, che contiene un emettitore elettronico, due griglie ed una placca. L'altra versione è il **pentodo**, che contiene cinque elettrodi: un emettitore elettronico, tre griglie ed una placca.

IL TETRODO

La valvola a quattro elettrodi contiene dunque, come abbiamo testè visto, tutti gli elettrodi del triodo (che svolgono in linea di massima le stesse funzioni) ed in più un quarto elettrodo: esso è una seconda griglia e prende il nome di **griglia schermo**. La valvola a quattro elettrodi viene chiamata *tetrodo* e, a volte, *valvola a griglia schermo.*

La struttura interna di un tetrodo (**figura 1-A**) non differisce molto da quella di un triodo. In A la griglia schermo del tetrodo presenta un profilo rettangolare. La placca è sagomata ad alette per una maggiore facilità di dissipazione del calore. In **B** si osserva che la griglia schermo praticamente è doppia, vale a dire che un settore è rappresentato dalla struttura metallica perforata cilindrica e l'altro settore è costituito da una vera e propria griglia a profilo ovale, collocata tra la griglia di controllo e la placca. La prima sezione della griglia schermo è esterna a tutta la struttura e si trova tra il vetro del bulbo e la placca. Il profilo delle griglie può variare: nella maggior parte dei casi si adotta la forma elicoidale. Il funzionamento degli elettrodi però, fondamentalmente rimane lo stesso, indipendentemente dal profilo strutturale della griglia.

Sebbene il tipo di valvola in questione, realizzato secondo la struttura che appare in **figura 2**, vada scomparendo, lo riportiamo perchè è dato di trovarne in apparecchiature ancora in funzione ed è rappresentativo per mettere in evidenza l'evoluzione verificatasi in questo settore. Nell'illustrazione vediamo che il collegamento con gli organi del circuito viene fatto, oltre che a mezzo dei piedini posti alla base della valvola, anche usufruendo di un attacco a cappellotto posto sulla sommità del bulbo di vetro. Le valvole di questo tipo sono dette a « doppia uscita » (*double-ended*, in inglese) mentre, se tutti gli elettrodi usufruiscono di piedini alla base, sono dette a uscita singola (*single-ended*). In molti tetrodi — in parte però superati — previsti per l'impiego nei ricevitori ed in apparecchiature di bassa potenza, il cappellotto illustrato serve per il collegamento alla griglia di controllo. In valvole di maggiore potenza (trasmittenti), il cappellotto viene usato invece per il collegamento alla placca. La ragione per la quale del cappellotto si usufruisce per colle-

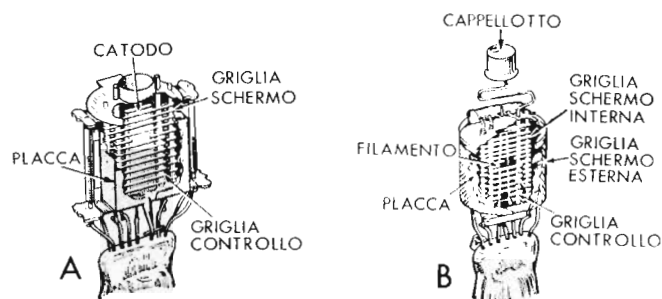



Fig. 1 — In A, struttura interna di un tetrodo: si scorge, tra l'altro, l'elemento aggiunto rispetto al triodo, la griglia schermo, che ha profilo rettangolare. In B, altro tipo di tetrodo, con griglia doppia: interna (come in A), ed esterna.

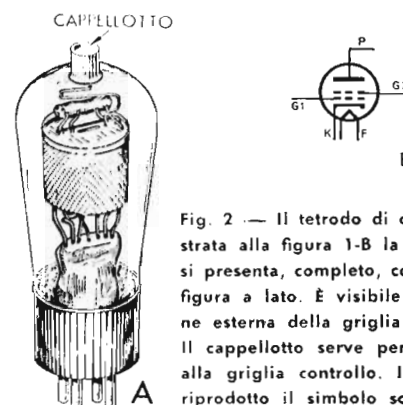



Fig. 2 — Il tetrodo di cui è illustrata alla figura 1-B la struttura, si presenta, completo, come dalla figura a lato. È visibile la sezione esterna della griglia schermo. Il cappellotto serve per l'attacco alla griglia controllo. In alto, è riprodotto il simbolo schematico.

gare o la griglia controllo o la placca, a seconda dei casi, sta nel fatto che si vuole ridurre la capacità tra i piedini terminali della griglia e della placca.

È norma comune adoperare l'intera parola come « griglia controllo » e « griglia schermo », tuttavia, sugli schemi elettrici, è procedura pratica designare tali elettrodi a mezzo di abbreviazioni che si concretano nell'espressione **G1** e **G2**, rispettivamente. Il numero più piccolo viene assegnato alla griglia che risulta più vicina al catodo e che è quindi la griglia controllo: G2 rappresenta perciò in questo caso, la griglia schermo. È opportuno notare anche che la parola griglia schermo viene spesso abbreviata nella più semplice definizione di **schermo**, se ciò non può portare ad equivoci nel caso interessato.

La **figura** 3 illustra un circuito adottante un tetrodo. Dal circuito si rileva che la differenza principale, schematicamente, tra il tetrodo ed il triodo, è rappresentata dal circuito dello schermo e dalla sua sorgente di alimentazione. Nell'impiego normale, lo schermo viene mantenuto ad un potenziale positivo (rispetto al catodo) leggermente inferiore al potenziale applicato alla placca. Essendo soggetto ad un potenziale positivo, la griglia schermo attrae verso di sè gli elettroni: una parte di essi prosegue verso la placca, data la sua struttura a griglia, ed una parte minore viene da essa assorbita. In sostanza, lo schermo accelera, con la sua azione, la corsa degli elettroni verso l'anodo e, con la parte di elettroni da esso assorbiti, dà luogo alla corrente di griglia schermo. Si comprende come la placca debba avere una tensione più alta dello schermo se si considera che essa si trova a maggiore distanza dal catodo, e che con la placca deve essere effettuato l'assorbimento elettronico preponderante, quello utile cioè ai fini dell'amplificazione, mentre la corrente di griglia schermo, di regola, non ha scopi pratici.

Lo scopo principale della griglia schermo, rimane pertanto quello di ridurre la capacità placca-griglia, che, come abbiamo visto, rappresenta la strada per il ritorno reattivo indesiderato. Su una media di 2 pF di capacità griglia-placca di un triodo, si hanno 0,01 pF, o meno, in un tetrodo. Lo schermo compie questa sua funzione agendo come uno schermo elettrostatico fra la griglia di controllo e la placca. Se si impiega anche una griglia schermo a struttura esterna alla placca (come quella illustrata alla figura 1-B ed alla figura 2-A) si isola la placca della valvola dalle influenze dei circuiti esterni.

Oltre all'azione che abbiamo già detto, consistente nel rinforzare l'azione della placca nell'attrazione di un maggior numero di elettroni, la griglia schermo ha un secondo effetto: essa rende la corrente di placca praticamente indipendente dalla tensione di placca in seguito appunto al suo effetto di schermo. Infatti, poichè lo schermo è posto tra la griglia controllo e la placca, le varianti del valore della tensione di placca, hanno scarso effetto sulla carica spaziale. Si potrebbe dire, per meglio comprendere questo particolare, che il campo di azione della tensione di placca termina sullo schermo. Ciò non vuol dire che la tensione di placca non sia importante: essa rappresenta sempre il mezzo per l'attrazione degli elettroni verso di sè, ed il circuito di placca è pur sempre il circuito di uscita. Tuttavia, la forza di attrazione responsabile del movimento degli elettroni oltre i confini della griglia controllo, è la tensione sullo schermo piuttosto che quella sulla placca.

Per quanto si riferisce alla frequenza del segnale, la griglia schermo viene fugata a massa (ossia al lato negativo dell'alimentazione) a mezzo di un condensatore che deve presentare una bassa reattanza appunto alla frequenza del segnale entrante. In tal modo, qualsiasi variazione della corrente di griglia risulta cortocircuitata a massa da tale capacità che mantiene lo schermo ad un potenziale di tensione continua costante. Anche tutte le eventuali variazioni nella tensione di placca che possono provenire da un accoppiamento capacitivo con lo schermo, vengono fugate a massa. Il segnale di corrente alternata presente alla placca, quindi, non può opporsi all'azione della griglia o influenzare in qualsiasi maniera la corrente di placca. La griglia aggiunta scherma la griglia controllo dalle variazioni di potenziale della placca. Ciò effettivamente riduce la capacità interelettrodica griglia-placca.

Curve caratteristiche

Grazie alla presenza della griglia schermo perciò, una variazione della tensione di placca, ha effetto minimo sulla corrente anodica. Tuttavia, la griglia pilota conserva la sua possibilità di controllo della corrente in placca. La **figura 4** illustra una tipica famiglia di curve caratteristiche di placca, di un tetrodo. La curva a segno tratteggiato rappresenta la corrente di griglia schermo, quando la polarizzazione negativa della prima griglia ammonta a —3 volt.

Quando la tensione di placca è inferiore a quella di

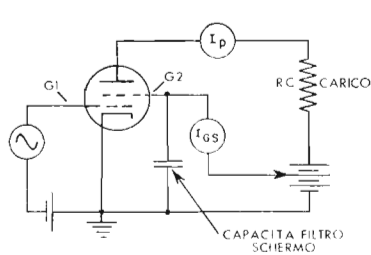



Fig. 3 — Lo schema inerente al funzionamento del tetrodo, è caratterizzato, rispetto allo schema del triodo, dalla necessità di alimentazione dello schermo, cui va applicata una tensione positiva.

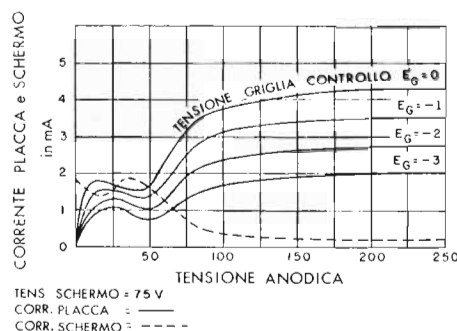



Fig. 4 — Curve caratteristiche di placca di un tetrodo. È messa in evidenza la pendenza negativa dovuta all'emissione secondaria, per tensione di schermo superiore a quella di placca.

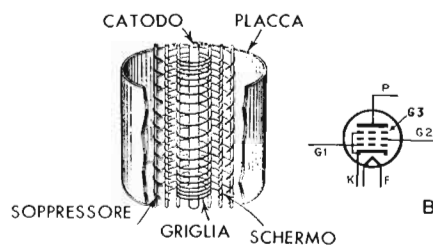



Fig. 5 — Disposizione degli elettrodi all'interno di un pentodo. Rispetto al tetrodo, si ha in più la griglia di soppressione o soppressore che è la più vicina alla placca. In B, il simbolo schematico del pentodo.

schermo, la curva ha una pendenza negativa. Ciò è il risultato di una **emissione secondaria** della placca. Quando la tensione di schermo è fissa, la velocità con la quale gli elettroni colpiscono l'anodo aumenta con l'aumentare della tensione ad esso applicata. Allorchè gli elettroni colpiscono la placca con forza sufficiente, alcuni di essi rimbalzano, nello spazio presente tra la placca e lo schermo, in direzione di quest'ultimo per cui, se lo schermo ha un potenziale più elevato della placca, questi elettroni secondari sono attratti dallo schermo stesso. Dato che il loro movimento è in direzione opposta a quella della normale corrente anodica, la stessa subisce una riduzione di intensità. Alla figura 4 si può notare che la corrente di schermo aumenta col diminuire della corrente di placca. La corrente anodica diminuisce sino a che la tensione di placca si approssima a quella di griglia schermo. Ulteriormente, qualsiasi aumento nella tensione di placca, causa un secondo rimbalzo degli elettroni secondari verso la placca stessa che li attrae con conseguente aumento della corrente anodica.

Il tratto della curva in cui si ha, per ogni aumento della tensione di placca, una conseguente diminuzione della corrente anodica, si chiama tratto di **resistenza negativa,** in quanto detta diminuzione è contraria all'aumento che si riscontra in una resistenza normale o « positiva ».

Nei circuiti di amplificazione con tetrodo, la placca deve sempre essere alimentata con tensioni particolarmente alte, onde evitare che essa lavori lungo il tratto di resistenza negativa. In quest'ultimo caso, il segnale d'uscita risulta distorto, e si possono avere delle oscillazioni.

Vantaggi e inconvenienti del tetrodo

Tra i vantaggi offerti dal tetrodo nei confronti del triodo, possiamo considerare il fatto del coefficiente di amplificazione notevolmente maggiore. Mentre, infatti, con un triodo si possono avere valori di *mu*, variabili da 5 a 50, con un tetrodo, tale fattore può variare da 150 a 600, a seconda dei tipi.

Ciò nonostante, la conduttanza mutua non è altrettanto elevata. Il motivo può essere spiegato dalla seguente equazione:

$$g_m = \frac{\mu}{Rp}$$

Il valore della resistenza di placca, *Rp*, al denominatore della frazione, aumenta, in un tetrodo, in proporzione maggiore di quanto aumenti il fattore *mu* (presente al numeratore). Perciò, il rapporto $\mu : Rp$ diminuisce in proporzione, e di conseguenza diminuisce g_m.

In genere, il valore di g_m di un tetrodo, può variare da 1.000 a 4.500 *µmho*, pari rispettivamente a 1 e 4,5 *mA/volt*.

Gli inconvenienti del tetrodo sono notevoli. Come si è già detto, il suo funzionamento deve essere limitato ad una sola parte della curva della caratteristica di placca. Gli effetti dell'emissione secondaria sono trascurabili solamente in quel tratto per il quale la tensione di placca supera la tensione di schermo. In vista degli effetti del carico di placca sulla tensione di placca allorchè viene applicata una tensione di segnale alla griglia controllo, si rende necessario il ricorso ad una tensione di alimentazione anodica molto alta. Solo così si può fare in modo che si verifichi la necessaria escursione della tensione di placca senza che il valore più basso di essa scenda al disotto di quello della griglia schermo. Tale necessità di un'alta tensione è certamente un notevole inconveniente. In effetti, i tetrodi non sono più praticamente adottati nei radioricevitori: il loro impiego è ancora attuale invece, per i tipi di potenza, nei trasmettitori.

In un tetrodo, concludendo, si riduce la capacità interelettrodica, e quindi l'ammontare della reazione interna; ciò permette l'uso di tale tipo di valvola in amplificatori ad alto guadagno, ma è bene avvertire subito che le più moderne apparecchiature fanno ricorso ad un terzo tipo di valvola che, in sostanza, può essere considerato però, un perfezionamento del tetrodo. Si tratta del pentodo, che ora esamineremo.

IL PENTODO

Il pentodo, come abbiamo ora affermato, è sostanzialmente un tetrodo al quale è stata aggiunta una terza griglia, esattamente tra la griglia schermo e la placca. Questa nuova griglia è detta **griglia di soppressione**. Si può vedere alla **figura 5** la struttura interna di un pentodo per ciò che si riferisce alla disposizione degli elettrodi: accanto è disegnato il simbolo schematico.

L'azione della griglia di soppressione si manifesta essenzialmente nei riguardi dell'emissione secondaria — il principale difetto del tetrodo — che essa riesce a soppri-

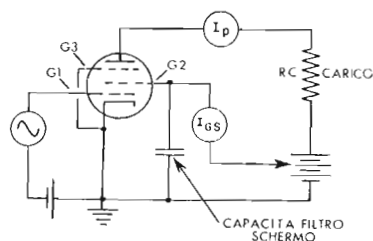



Fig. 6 — La griglia di soppressione, collegata al catodo, porta il potenziale negativo di quest'ultimo in vicinanza della placca. Gli elettroni dell'emissione secondaria vengono respinti dalla griglia di soppressione e rimandati alla placca.

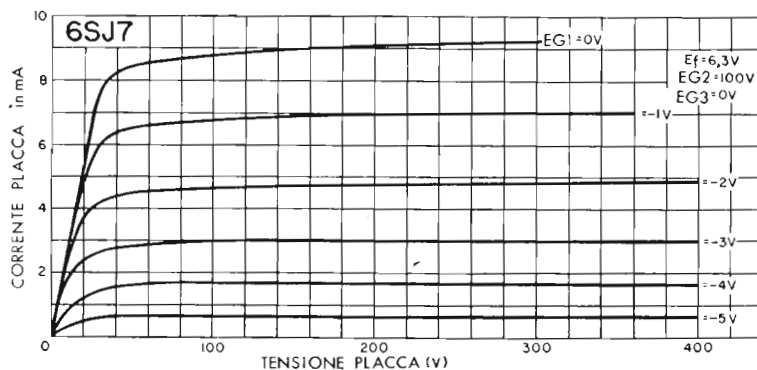



Fig. 7 — Nelle curve caratteristiche di un pentodo, si nota l'assenza del gomito (pendenza negativa) dei tetrodi. Si noti che, ad eguali aumenti di tensione di G1, non corrispondono eguali aumenti della corrente di placca.

mere o per lo meno ad annullare nei suoi effetti. Vedremo tra breve come ciò avviene.

La nuova griglia (vedi **figura 6**), di norma, viene connessa al catodo mediante un collegamento che può essere interno o esterno alla valvola. In quest'ultimo caso, ovviamente, la griglia di soppressione fa capo ad un apposito piedino: tale indipendenza del collegamento consente sia di impiegare il pentodo, se necessario, come un triodo (unendo alla placca tanto la griglia di soppressione che la griglia schermo), sia di elaborare particolari circuiti nei quali alla griglia viene affidato altro compito che non sia la soppressione.

Collegando la griglia di soppressone al catodo si fa sì che essa porti il potenziale relativo del catodo stesso in vicinanza degli altri elettrodi. In tale circostanza la griglia di soppressione non da luogo ad assorbimento di corrente propria, nè rende necessario alcun accorgimento di alimentazione per procurarle una specifica tensione. Essa è da considerarsi a potenziale zero o di massa.

Esaminiamo ancora la figura 6. Nel funzionamento del circuito, gli elettroni emessi dal catodo vengono accelerati in direzione della placca dal potenziale positivo di G_2. Essi passano attraverso le aperture della griglia di soppressione, G_3. Allorchè raggiungono la placca lo fanno con velocità tale (in seguito all'azione della tensione di schermo) da causare l'emissione secondaria.

Poichè la placca è positiva rispetto al catodo ed il catodo è connesso alla griglia di soppressione, quest'ultima risulta negativa in relazione alla placca. Di conseguenza, gli elettroni dell'emissione secondaria emessi dalla placca (particelle negative) vengono respinti dalla griglia di soppressione (negativa) e rimandati alla placca. Viene così evitata la corrente inversa tra placca e schermo, anche se la tensione allo schermo eccede momentaneamente la tensione di placca.

La presenza della griglia di soppressione tra schermo e placca ha infine un altro benefico effetto: riduce ulteriormente la capacità griglia-placca rispetto al tetrodo. Ne deriva una riduzione del problema dell'accoppiamento di ritorno, ossia di reazione interna.

Questa è anche una delle ragioni per cui il pentodo ha avuto, ed ha, una così larga applicazione nei circuiti richiedenti amplificazione.

Curve caratteristiche

La **figura 7** illustra le caratteristiche tipiche di un pentodo. Il fattore di amplificazione è superiore a quello di un triodo grazie al fatto che l'azione contrastante da parte della placca è schermata nei confronti della griglia.

Sia la resistenza di placca che la conduttanza mutua sono maggiori che nei triodi. Ad esempio, la resistenza dinamica di placca di un pentodo tipico come la 6SJ7 ammonta a circa 700.000 ohm; la resistenza statica è leggermente inferiore.

Per l'amplificazione di potenza, quando cioè è necessario usare una valvola che permetta il passaggio di correnti di notevole intensità, è più opportuno l'uso di valvole che presentino bassa resistenza di placca. Perciò, un triodo, in questo caso risulta migliore di un pentodo. Nei casi invece in cui si desidera principalmente un'alta amplificazione, il pentodo è preferibile proprio per la sua alta resistenza di placca.

Nelle curve di figura 7 la tensione anodica di alimentazione E_b varia da zero a 400 volt (asse delle X). Dal momento che le curve sono ricavate senza carico anodico, abbiamo $E_b = E_p$; la tensione di G_2 viene mantenuta al valore costante di 100 volt. La griglia di soppressione è a tensione zero, mentre la polarizzazione della griglia controllo G_1, varia da zero a —5 volt, in scatti di 1 volt. La tensione del filamento, E_f, è di 6,3 volt.

Il grafico ci mostra un certo numero di particolari di notevole importanza. Innanzitutto, i gomiti caratteristici del tetrodo (vedi figura 4) e presenti nelle sue curve, qui non esistono, in quanto in nessun caso si ha una diminuzione della corrente anodica corrispondente ad un aumento della tensione, il che signfica che il pentodo non ha mai una resistenza negativa.

Resta, tuttavia, una zona critica del potenziale di placca, corrispondente al tratto nel quale una minima variazione della tensione anodica determina una notevole variazione della corrente. Fortunatamente questa zona è abbastanza limitata. Il *gomito* superiore della corrente anodica viene raggiunto molto più rapidamente che non nel tetrodo.

Analogamente a quanto avviene nel tetrodo, il valore della corrente anodica è relativamente indipendente da quello della tensione. La parte utile di ogni curva si tro-

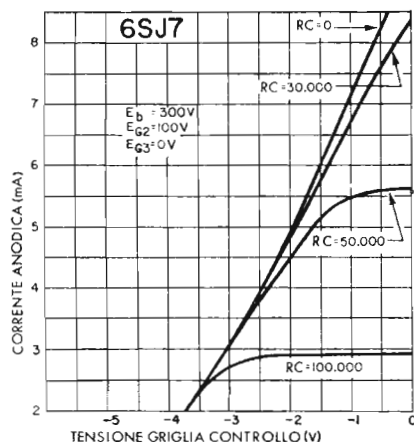



Fig. 8 — Curve della caratteristica dinamica di un pentodo. Contrariamente a quanto avviene per il triodo, le migliori condizioni sono per un carico basso.

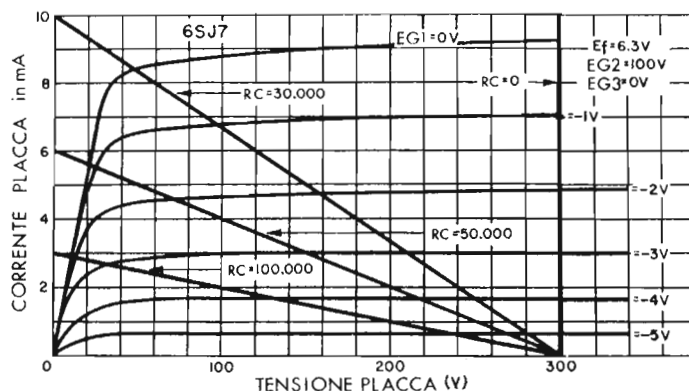



Fig. 9 — Rette per diversi valori di carico di placca di un pentodo. Più alto è il valore e minore linearità si riscontra.

va a destra del gomito, nel tratto cioè relativamente piatto.

Si può rivelare, dalla figura 7, una significativa particolarità. Le diverse curve non sono equidistanti tra loro (nella zona piatta). Ad ogni specifico e precisato valore di tensione di griglia (G_1) corrisponde una curva della corrente di placca ma, pur essendo gli incrementi della tensione di griglia sempre di 1 volt, le correnti di placca non mutano di un costante ammontare (vedi disuguaglianza delle distanze), con la tensione di placca e di schermo ad un valore fisso.

Esaminiamo un po' più in dettaglio questo fenomeno dato che esso riveste una notevole importanza.

Sempre con riferimento alla figura 7, riportiamo, sotto forma di tabellina, i diversi valori e le varianti relative, tenendo costanti la tensione di placca a 300 volt, quella di schermo a 100 volt e presupponendo, naturalmente, la griglia di soppressione, collegata al catodo, ad un potenziale zero.

Tensione di placca-volt (E_{bb})	Tensione alla griglia controllo (E_{G1})	Corrente di placca (I_b)	Variazioni della corrente di placca
300	0	9,3 mA	
300	– 1	7,0 mA	(9,3 — 7,0) = 2,3 mA
300	– 2	4,8 mA	(7,0 — 4,8) = 2,2 mA
300	– 3	3,0 mA	(4,8 — 3,0) = 1,8 mA
300	– 4	1,6 mA	(3,0 — 1,6) = 1,4 mA
300	– 5	0,6 mA	(1,6 — 0,6) = 1,0 mA

Questi dati dimostrano l'andamento non lineare, al quale si è fatto cenno, tra le variazioni della corrente di placca e le variazioni della tensione di griglia e, conseguentemente, il sorgere di una distorsione. Si può affermare, dopo questo esame, che il funzionamento di un pentodo genera maggiore distorsione del funzionamento di un triodo. Con una scelta appropriata delle costanti di lavoro, tale distorsione può però essere mantenuta in limiti accettabili. I vantaggi conseguenti l'uso del pentodo in certi settori delle apparecchiature di radiocomunicazione superano senz'altro l'inconveniente della maggiore distorsione e, per questo, tale tipo di valvola è di impiego molto corrente.

Costanti dei pentodi

Il fattore di amplificazione di un pentodo è elevato: esso è di circa 1.500-2.000, per valvole di tipo ricevente. Questo valore è oltre 100 volte più grande del fattore di amplificazione dei triodi, e tre o quattro volte più grande di quello dei tetrodi. La ragione di questa particolare attitudine del pentodo ad amplificare può essere spiegata graficamente individuando il valore di μ nella famiglia delle curve di placca riportata alla figura 7.

Anche la resistenza di placca del pentodo presenta un valore notevolmente alto. Ad esempio, il pentodo 6SJ7 ha una resistenza di placca di circa 1 Megaohm, vale a dire 200 volte più alta della resistenza di placca di un triodo, e diverse volte quella di un tetrodo. I valori alti di resistenza di placca, sia del tetrodo che del pentodo, collocano gli stessi in una particolare categoria circa l'impiego, categoria che risulta distinta da quella che enumera i triodi. Un particolare da notare è che più alta è la polarizzazione negativa di griglia, più alta è la resistenza di placca del pentodo, come si può osservare nelle curve caratteristiche.

Alcuni tipi di pentodi, noti come **pentodi di potenza**, sono realizzati in modo da tenere la resistenza di placca più bassa che non nei pentodi di tipo corrente; ma anche in questa serie di pentodi, R_p risulta parecchie volte più alto del valore che può essere riscontrabile nei triodi previsti per applicazioni analoghe.

I valori di conduttanza mutua dei pentodi di potenza, tuttavia, non differiscono molto da quelli dei triodi progettati per le stesse applicazioni. Nonostante l'alto fattore di amplificazione dei pentodi, la loro conduttanza mutua è paragonabile a quella dei triodi e dei tetrodi. Ciò è dovuto alla elevatissima resistenza di placca del pentodo. È ovvio che per questo, il rapporto tra la variazione specifica della corrente anodica e quella unitaria corrispondente della tensione di griglia, risulti molto basso.

Caratteristiche dinamiche del pentodo

La **figura 8** illustra il comportamento dinamico di un pentodo tipo 6SJ7, alimentato da una tensione anodica E_b di 300 volt, con E_{g2} = 100 volt, E_{g3} = 0 volt. Le rette di

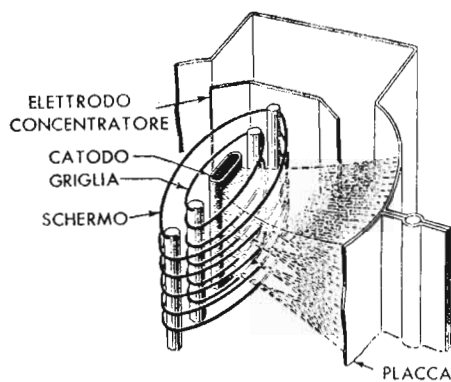



Fig. 10 — **Particolari costruttivi di una valvola a fascio elettronico. È illustrato l'effetto concentratore dell'apposito elettrodo sul flusso elettronico.**

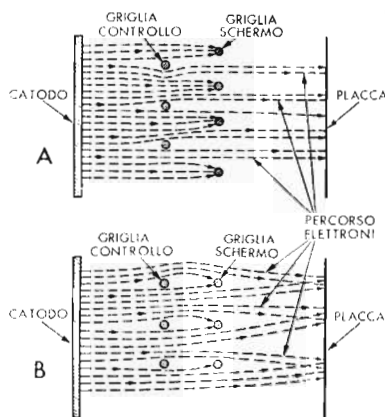



Fig. 11 — La diversa posizione della griglia controllo e di quella schermo nel tetrodo (A) e nelle valvole a fascio (B) porta a varianti nella corrente di schermo e di placca.

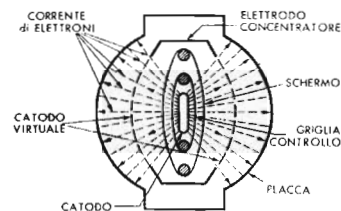



Fig. 12
Valvola a fascio, vista dall'alto del bulbo.

carico sono per $R_c = 0$ ohm, 30.000 ohm, 50.000 ohm e 100.000 ohm.

Nell'esame del comportamento dinamico di un triodo, abbiamo rilevato che è vantaggioso usare la valvola lungo il tratto rettilineo della sua curva caratteristica. È questa, una condizione essenziale onde ottenere una amplificazione priva di distorsioni. Si è inoltre constatato che, maggiore è il valore di R_c (resistenza di carico), maggiore è la fedeltà con cui la corrente anodica segue le variazioni della tensione di griglia. La figura 8 illustra appunto il contrario di tali condizioni nel caso del pentodo.

Infatti, più R_c è alto, meno le curve sono rettilinee. È evidente che quella corrispondente ad $R_c = 30.000$ ohm appare la più utile agli effetti pratici, ma neanch'essa risulta lineare in tutta la sua estensione. Aumentando il valore di R_c, aumenta in proporzione la non linearità.

I motivi per cui ciò accade sono chiaramente comprensibili esaminando la **figura 9**, che rappresenta una famiglia di curve sulla quale sono riportate le rette di carico corrispondenti ai vari valori di R_c.

Queste ultime possono essere iscritte in maniera molto semplice, sulle caratteristiche di tensione e corrente di placca, unendo tra loro due punti, uno sull'asse verticale (corrente anodica) ed uno sull'asse orizzontale (tensione anodica).

Il punto dell'asse verticale viene ricavato nel modo seguente. Dalla legge di ohm sappiamo che $I_b = E_b : R_c$, ossia, la corrente anodica che scorre attraverso R_c è data dalla caduta di tensione ai suoi capi, divisa per il suo valore ohmico. Di conseguenza, si possono ottenere varie rette di carico corrispondenti a vari valori di R_c.

Sull'altro asse, cioè quello orizzontale, il punto si ottiene applicando il valore di E_b adottato nel circuito. In tali condizioni non scorre corrente di placca nel circuito e quindi non appare caduta di tensione ai capi della resistenza di carico.

Le rette di carico della figura 9 intersecano le curve della corrente di placca sotto al ginocchio di ciascuna curva, col risultato di un cambiamento molto piccolo della corrente di placca allorchè viene ridotta la polarizzazione della griglia pilota.

Riducendo la tensione di schermo, E_{g2}, a circa un settimo o un decimo della tensione di alimentazione di placca, la pendenza dell'andamento della corrente di placca per bassi valori di tensione di placca diventa molto ripida. Ad esempio, con una tensione di schermo di 100 volt ($E_{g2} = 100$) ed una tensione alla griglia controllo $E_{g1} = 0$ volt, il gomito della curva della corrente di placca viene raggiunto con una tensione di alimentazione anodica di circa 40 volt (vedi figura 9). Se si riduce la tensione di schermo a 40 volt, si può raggiungere il medesimo punto con una tensione di placca di soli 16 volt. È possibile ottenere un analogo risultato per ogni valore della tensione di griglia pilota. Naturalmente, la riduzione della tensione di schermo porta ad una riduzione della corrente anodica, ma ciò ha spesso importanza secondaria di fronte a detto miglioramento delle caratteristiche ed al vantaggio che se ne può trarre.

VALVOLE a FASCIO ELETTRONICO

La valvola a fascio elettronico offre i vantaggi sia del tetrodo che del pentodo. Questa valvola si presta particolarmente agli impieghi con alti livelli di potenza elettrica, per applicazioni negli stadi d'uscita dei ricevitori e degli amplificatori, nonchè in diverse sezioni dei trasmettitori. La sua capactà di potenza è dovuta ad un sistema di concentrazione degli elettroni della corrente di placca in fasci di cariche mobili. Nelle valvole comuni, gli elettroni della corrente di placca si dirigono in una direzione predeterminata ma non sono costretti alla forma di fascio.

L'apparenza esterna di queste valvole è simile a quella dei comuni tetrodi o pentodi: si nota solamente una leggera maggiorazione delle dimensioni in quanto le valvole a fascio, come si è detto, sono chiamate a svolgere compiti connessi ad un impiego di potenza maggiore di quello che si ha di norma con le altre valvole.

I dettagli costruttivi di una valvola a fascio sono illustrati alla **figura 10**. Dalla figura non appare però chiaramente un particolare di notevole importanza: la griglia di controllo e la griglia schermo sono, per quanto riguarda i conduttori che le compongono, perfettamente allineate allo stesso livello. In altre parole, nei riflessi del flusso di elettroni della corrente di placca, si ha, sulla stessa linea direttiva, l'ostacolo ripetuto delle due griglie.

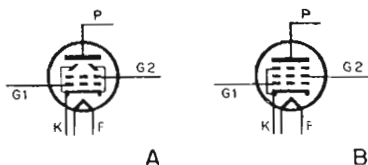



Fig. 13 — Simboli schematici di valvola a fascio nel tipo adottante placchette di deviazione (A) e nel tipo con griglia apposita (B).

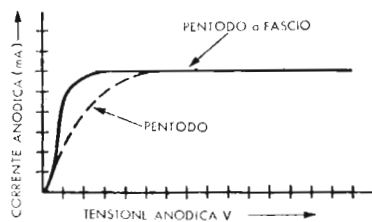



Fig. 14 — Confronto tra la curva di due pentodi di cui uno a fascio. Per quest'ultimo, si ha un tratto di maggiore indipendenza della corrente di placca dalla tensione relativa, da cui minore distorsione data la più ampia possibilità di escursione del potenziale di griglia.

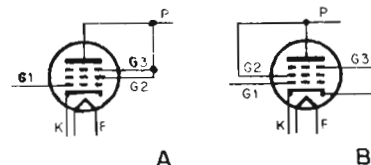



Fig. 15 — I pentodi, possona essere utilizzati anche come triodi: in A, in seguito al collegamento dello schermo e del soppressore alla placca, in B, con il collegamento del solo schermo alla placca, mentre il soppressore è unito al catodo.

Per meglio illustrare questo particolare ci riferiamo alla **figura 11.** In **A** vediamo come i conduttori costituenti la griglia schermo e la griglia di controllo influiscono sul percorso degli elettroni in una valvola comune di tipo tetrodo. Questi conduttori sono allineati in modo sfalsato gli uni rispetto agli altri: pertanto, gli elettroni che passano attraverso la griglia controllo sono parzialmente deviati dal loro percorso ed una parte raggiunge la griglia schermo. Ciò dà luogo ad una corrente di schermo, il che limita il valore della corrente di placca.

In **B** i risultati sono differenti a causa della sistemazione delle due griglie; lo schermo intercetta meno elettroni. Di conseguenza, la relativa corrente di schermo è minore nella valvola a fascio che non nei comuni tetrodi e pentodi. Inoltre, un maggior numero di elettroni raggiunge la placca, da cui una corrente di placca più elevata.

Gli effetti sommati derivanti dalla sistemazione illustrata in B, portano ad una valvola nella quale la placca e la griglia di controllo sono isolate elettricamente; la corrente di placca è alta, la resistenza di placca è relativamente bassa, ed un notevole ammontare di potenza elettrica può essere controllato con bassa distorsione. Le placchette di formazione del fascio (figura 10) inoltre, influenzano il movimento degli elettroni della corrente di placca nel momento in cui essi attraversano lo schermo e colpiscono la placca. Gli elettrodi di formazione del fascio sono collegati, internamente, al catodo e di conseguenza sono allo stesso potenziale di quest'ultimo.

A causa di detto potenziale delle placchette di formazione, si sviluppa, nello spazio tra lo schermo e la placca, un effetto equivalente ad una carica spaziale. L'effetto equivale alla presenza di una superficie (linee tratteggiate unenti tra loro i punti terminali delle placchette di formazione del fascio, in **figura 12**) tra lo schermo e la placca. Questa superficie viene chiamata **catodo virtuale**. La presenza di questo piano elettrico respinge gli elettroni secondari liberati dalla placca e impedisce loro di raggiungere lo schermo. La figura 12 appunto rappresenta una valvola a fascio vista dalla sommità del bulbo.

In alcune valvole, l'effetto del catodo virtuale viene ottenuto impiegando una terza griglia in luogo delle placchette di formazione del fascio. I risultati sono eguali per entrambe le versioni. Per poter distinguere i due tipi di costruzione, si adottano due simboli schematici diversi (**figura 13**). Il disegno riprodotto in **A** è il simbolo della valvola di potenza con placchette di formazione, mentre quello in **B** rappresenta la versione secondo la quale una griglia sostituisce le placchette di formazione del fascio. Come si vede, non vi è differenza tra il simolo di cui alla figura 13-B e quello di un comune pentodo (figura 5-B).

Si può osservare un utile confronto, alla **figura 14**, tra la caratteristica corrente di placca-tensione di placca di una valvola a fascio e di un comune pentodo. Si noti il rapido aumento nella corrente di placca per la valvola di potenza a fascio, il cui andamento di corrente corrisponde alla curva a tratto intero. L'aumento più graduale che caratterizza il pentodo normale, illustrato dalla curva a linea tratteggiata, rappresenta un particolare importante nei riguardi della capacità di potenza entro una bassa distorsione. La curva a tratto intero mostra che la zona in cui la corrente di placca dipende in modo importante dalla tensione di placca è molto più limitata di quella riferita all'altra curva: la corrente di placca diventa sostanzialmente indipendente dalla tensione, a valori molto più bassi del potenziale di placca.

Questa caratteristica consente alla valvola di potenza a fascio, un regime più elevato di potenza elettrica a valori più bassi di tensione di placca che non quelli necessari ad un comune pentodo. In più, la valvola a fascio genera minore distorsione del pentodo di tipo corrente perchè consente una maggiore escursione del potenziale alternato di griglia e dei cambiamenti della corrente di placca.

PENTODI IMPIEGATI come TRIODI

Diversi tipi di pentodo sono progettati e costruiti in modo da poter essere usati come triodi; ciò, in tal caso, costituisce motivo di particolare annotazione sui manuali delle valvole che riportano le caratteristiche. Dal punto di vista generale, la identità del pentodo, allorchè la valvola viene collegata come triodo, è persa. Quando si adotta questa sistemazione la valvola assume le caratteristiche dei triodi, che sono quelle illustrate alla lezione 46ª.

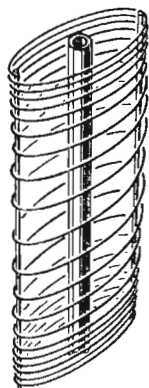
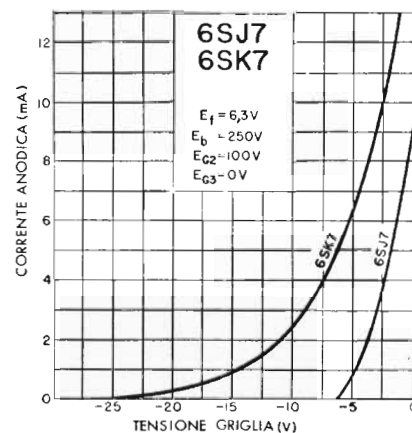



Fig. 16 — Caratteristica costruzione della griglia di una valvola a coefficiente di amplificazione variabile. Le spire sono diradate al centro e raggruppate ai due estremi.

Fig. 17 — Confronto tra la curva di un pentodo normale (6SJ7) e quella di un pentodo a μ variabile (6SK7): quest'ultimo ammette una tensione di griglia molto più ampia e l'andamento è assai più graduale.

La predisposizione del triodo può essere ottenuta in modi diversi, come è illustrato, per i casi più correnti, in A e in B della **figura 15**. Come si vede, in **A**, la griglia schermo e la griglia di soppressione sono collegate alla placca; in **B**, il catodo è connesso alla griglia di soppressione e la griglia schermo è collegata alla placca.

VALVOLE a COEFFICIENTE di AMPLIFICAZIONE VARIABILE

È già stato detto che il fattore di amplificazione, o μ di una valvola è una funzione della geometria della valvola stessa; vale a dire del profilo, della struttura e della sistemazione meccanica degli elettrodi. In determinate condizioni di funzionamento si possono verificare leggere varianti nel suo valore ma, per tutti gli scopi pratici, si può considerare sostanzialmente costante il μ della valvola. Per questo, per ciascun tipo di valvola è dato un singolo valore di μ che si presume fisso.

Il fattore di amplificazione di una valvola esprime — come sappiamo — la relazione tra il punto di interdizione della corrente di placca e la tensione negativa di griglia allorchè viene applicato un valore fisso della tensione di placca. Vale a dire, quando il segnale entrante, e_g, è reso sufficientemente negativo, la corrente di placca, i_p, è zero e la tensione di alimentazione anodica, E_b, equivale ad e_p. Ciò è stato visto e detto nei riferimenti della figura 9.

Valvole ad alto fattore di amplificazione quali i tetrodi ed i pentodi, specialmente questi ultimi, raggiungono il punto di interdizione della corrente di placca a valori di tensione negativa di griglia relativamente bassi. Le valvole a basso μ ammettono invece tensioni negative di griglia più alte, prima che venga raggiunto il punto di interdizione.

Le suddette relazioni tra la corrente di placca e la tensione di griglia, nonchè la costante fissa del μ sono conseguenza del tipo di struttura adottato in tutte le valvole elettroniche di cui si è sin qui parlato. Tutto questo deriva dalla spaziatura uniforme delle spire di griglia, lungo tutta l'altezza della struttura, il che significa che, applicando una tensione alla griglia di controllo, si ha lo stesso effetto sugli elettroni della corrente di placca lungo tutti i conduttori costituenti la griglia stessa.

La particolare situazione del μ fisso pone un problema quando vengono usati nei ricevitori per telecomunicazioni valvole ad alto μ come i tetrodi e i pentodi. Assai spesso si è in presenza di segnali di elevata ampiezza, segnali che devono essere controllati nell'apparecchiatura al fine di pervenire al risultato richiesto con un minimo di distorsione. Per ottenere ciò si fa ricorso a speciali tipi di tetrodi e di pentodi. Essi sono noti come **valvole a μ variabile** e differiscono dalle altre valvole per quanto riguarda la costruzione della griglia controllo. Infatti, in queste valvole, i conduttori costituenti la griglia sono tra loro spaziati in modo non uniforme. Le spire sono più serrate nella parte alta e nella parte bassa e, per contro, risultano molto più spaziate in centro (vedi **figura 16**). Questa forma di griglia consente la costruzione di una valvola che non ha un μ costante; esso infatti varia a seconda del valore della tensione di griglia applicato. Ecco come si perviene a questa caratteristica.

A valori bassi di polarizzazione di griglia, questa funziona in modo normale. Però, allorchè la tensione negativa di polarizzazione aumenta, l'effetto delle spire raggruppate diventa maggiore, e il flusso degli elettroni nella zona corrispondente viene annullato. Anche la zona centrale della griglia, per l'aumentata tensione di polarizzazione, agisce maggiormente, ma consente tuttavia sempre un passaggio di elettroni verso lo schermo e la placca. La riduzione complessiva nei riguardi della corrente di placca è quindi graduale. Naturalmente, se necessario, si può pervenire ad una tensione negativa di griglia tale da annullare completamente la corrente di placca: tuttavia, la tensione negativa richiesta per ciò è da tre a quattro volte superiore a quella di una valvola normale funzionante alle stesse tensioni di schermo e di placca.

La caratteristica, corrente di placca-tensione di griglia di una valvola a μ variabile, 6SK7, è riportata alla **figura 17** dove appare anche, per il confronto, la curva corrispondente di un pentodo normale tipo 6SJ7.

I tetrodi e i pentodi a μ variabile vengono usati frequentemente nelle apparecchiature di ricezione dove possono necessitare alte tensioni di polarizzazione per controllare il livello del segnale.

ALIMENTATORI SPECIALI

REGOLATORI di TENSIONE

Per regolatore di tensione si intende un dispositivo che mantiene costante la tensione erogata da un alimentatore, nonostante le eventuali variazioni della tensione di entrata o dell'assorbimento da parte del carico. I regolatori elettronici vengono comunemente impiegati unitamente alle unità rettificanti, vale a dire ai circuiti di alimentazione.

Il regolatore in se stesso si comporta come una resistenza variabile in serie all'uscita, che, essendo contemporaneamente in serie al carico, forma con questo un partitore di tensione. La prima parte di un tale partitore può variare in modo da mantenere costante la d.d.p. ai capi della seconda. La **figura 1** illustra lo schema di principio; la resistenza semifissa *R* ed il carico formano il partitore di cui si è detto, collegato all'uscita del filtro. L'intera corrente circolante, che passa attraverso *R*, determina ai suoi capi una caduta di tensione. Se la tensione d'uscita proveniente dal filtro aumenta — a causa di un aumento sia della tensione di alimentazione sia della resistenza di carico — anche il valore di *R* deve essere aumentato, in modo che ai suoi capi si abbia una maggiore caduta, così da mantenere sempre costante la tensione applicata al carico stesso. Viceversa, *R* deve diminuire — per il medesimo motivo — se la tensione di alimentazione o la resistenza di carico diminuiscono.

In altre parole, se la tensione indicata dal voltmetro *V* aumenta, *R* deve aumentare, e viceversa. Tale provvedimento è quello che si verifica automaticamente appunto nei regolatori di tensione. È quindi necessario tener presente che questi dispositivi sono essenzialmente dei partitori di tensione con una parte fissa ed una variabile e che con essi la parte variabile può essere realizzata in vari modi, come vedremo in seguito.

Regolatori del tipo « Amperite »

Uno dei regolatori più elementari è il tipo detto « Amperite » o « a ferro-idrogeno », costituito da un conduttore di ferro racchiuso in un bulbo in cui si trova idrogeno o elio.

Il circuito di principio è illustrato dalla **figura 2**. La resistenza del filamento di ferro in questo dispositivo dipende dalla quantità di corrente che la percorre: infatti, se la corrente aumenta, aumenta la temperatura del filamento e quindi la sua resistenza. La possibilità di far variare quest'ultima si traduce nella possibilità di variare la tensione d'uscita presente ai capi del carico. Quando la tensione d'uscita del raddrizzatore (e quindi del filtro) subisce un aumento, la corrente che circola assume una intensità maggiore: ciò provoca un aumento di temperatura del filamento e quindi della sua resistenza, col risultato di una maggiore caduta di tensione ai suoi capi. Se la tensione invece diminuisce, ovviamente avviene il contrario. Da ciò si deduce che la tensione presente ai capi del carico resta costante.

È da notare che questo tipo di regolatore non agisce se avvengono variazioni nel carico. Infatti, se la resistenza di quest'ultimo diminuisce mentre la tensione fornita resta costante, aumenta la corrente che passa attraverso il filamento « ferro-idrogeno », per cui aumenta la sua temperatura, e di conseguenza, la stessa caduta di tensione ai suoi capi: in tal caso la tensione applicata al carico diminuisce anzichè rimanere costante.

Sebbene questo tipo di lampada venga usato a volte come regolatore *di tensione*, esso viene più comunemente impiegato in serie ai circuiti di accensione del filamento di altre valvole, allo scopo di mantenere costante *la corrente* nonostante le eventuali variazioni nella tensione fornita dal circuito di alimentazione.

Regolatori con valvole a gas

Le lampade a gas, che per alcuni tipi vengono dette valvole al neon, hanno la proprietà di offrire alla corrente una resistenza infinita (circuito aperto), finchè la tensione applicata agli elettrodi non raggiunge un valore critico. Tale valore determina la ionizzazione del gas rarefatto contenuto nel bulbo.

In seguito a ciò, è possibile un passaggio di corrente, che è tanto più grande quanto maggiore è il grado di ionizzazione.

Poichè la ionizzazione stessa è proporzionale alla tensione applicata, è ovvio che ad ogni aumento di quest'ultima corrisponde un aumento della corrente assorbita dalla valvola al neon.

La **figura 3-A** illustra lo schema di principio di un regolatore di tensione funzionante con valvola a gas. Quan-

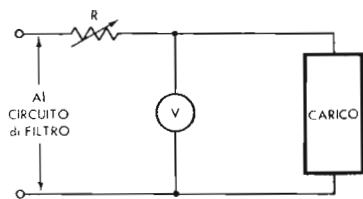
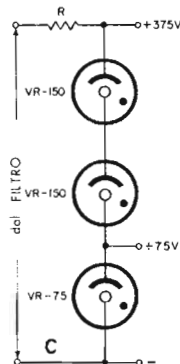
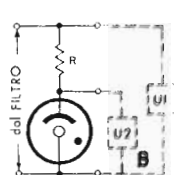
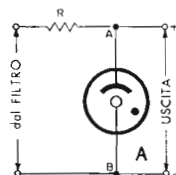



Fig. 1 — La resistenza R ed il carico formano un partitore di tensione: variando R, si può fare in modo che aumenti e diminuzioni della fonte vengano compensati per mantenere costante la tensione

Fig. 2 — Qui R è rappresentata da una lampada « Amperite » che varia la sua resistenza in rapporto alla corrente che la percorre, per cui si oppone alle variazioni della tensione entrante.

Fig. 3 — Applicazioni di valvole a gas. In A, uscita stabilizzata grazie al diverso grado di assorbimento della lampada in dipendenza della tensione. In B, uscita stabilizzata e non. In C, due uscite stabilizzate.

do il gas in essa contenuto è ionizzato a causa della d.d.p. tra gli elettrodi, la valvola, come si è detto, conduce corrente di intensità variabile proporzionalmente alle piccole variazioni di tensione. Quando la corrente è notevole, la ionizzazione è altrettanto elevata, e la resistenza interna della lampada diventa bassa. Viceversa, col diminuire della corrente aumenta la resistenza della lampada. La valvola si comporta quindi come la resistenza variabile della figura 1: la caduta di tensione *IR* presente ai suoi capi resta praticamente costante per tutti i valori di tensione ai quali la valvola può funzionare, ossia dalla tensione minima di ionizzazione, alla massima.

Nello schema della figura 3-A, sia la corrente del carico che quella della lampada a gas scorrono attraverso la resistenza *R*; se la tensione di alimentazione diminuisce, la tensione ai capi della valvola tende a diminuire, ma la corrispondente diminuzione del suo grado di ionizzazione ne aumenta la resistenza interna, per cui diminuisce la corrente che la percorre. Ciò fa diminuire la corrente totale, che passa attraverso *R*, e quindi la caduta di tensione ai suoi capi. Si può facilmente dedurre che, grazie alla compensazione da parte della valvola regolatrice, la tensione presente in uscita rimane costante nonostante le variazioni sia del carico, sia della tensione di alimentazione.

Le valvole a gas del tipo VR75, VR105, VR150, ecc. contengono gas differenti, per cui funzionano con varie tensioni: le lettere *VR* (« voltage regulator ») indicano il compito della valvola che, come dicono le parole stesse, consiste nel regolare la tensione, mentre il numero che segue indica la tensione massima che può essere applicata.

Nella figura 3-**B**, con U_1 è rappresentata un'uscita non stabilizzata, e con U_2 un'uscita a tensione inferiore, ma stabilizzata. Il circuito della figura 3-**C** è invece basato su tre valvole al neon, collegate tra loro in modo da ottenere due diversi potenziali, entrambi stabilizzati.

Regolatori con valvola elettronica

Una valvola termoionica, come ad esempio un triodo, può essere considerata una resistenza variabile. Quando conduce corrente, la sua resistenza può essere espressa dal rapporto tra la tensione o d.d.p. presente tra il catodo e la placca e la corrente anodica: detta corrente è proporzionale alla resistenza di placca della valvola stessa. Per ogni data tensione di placca, la resistenza dipende dalla corrente, la quale, a sua volta, dipende dalla tensione del terzo elettrodo, ossia dalla griglia presente tra la prima ed il catodo, il cui compito è — come sappiamo — di controllare la corrente elettronica che passa attraverso le sue maglie.

La resistenza variabile *R* della figura 1 può essere sostituita da una valvola, come è illustrato dalla **figura 4**. In tal caso, il valore della resistenza effettiva di V_1 dipende dalla polarizzazione della griglia. Quando la tensione d'uscita è applicata al carico, il catodo della valvola è positivo rispetto a massa con una d.d.p. pari a E_1, e la griglia viene polarizzata mediante la regolazione di R_2 in modo che la corrente che circola abbia il valore desiderato. Tale regolazione permette dunque di mantenere costante la tensione del carico al valore voluto. Dal momento che il catodo della valvola regolatrice ha un potenziale positivo, la griglia deve avere un potenziale leggermente inferiore. In tal caso, la griglia, essendo negativa rispetto al catodo, può controllarne l'emissione elettronica respingendo una parte degli elettroni, anch'essi negativi.

Se la tensione d'uscita proveniente dal filtro aumenta, la tensione del catodo tende a anch'essa ad aumentare, mentre il potenziale di griglia, fornita dalla batteria, resta costante. Ne consegue un aumento della polarizzazione di griglia nei confronti del catodo: la corrente diminuisce e la resistenza di placca aumenta, col risultato che la caduta di tensione presente tra catodo e placca aumenta, mantenendo costante la tensione d'uscita.

Se il circuito è realizzato in modo appropriato, la compensazione è tale da annullare, o comunque da rendere trascurabili, le eventuali variazioni della tensione di ingresso e della resistenza del carico: infatti, se quest'ultima diminuisce provocando un maggior assorbimento di corrente, la tensione d'uscita tende anch'essa a diminuire.

Ciò provoca una diminuzione della tensione del catodo. In tal modo diminuisce la polarizzazione della griglia rispetto a quest'ultimo: la resistenza di placca diminuisce e la tensione d'uscita aumenta compensando la diminuzione iniziale.

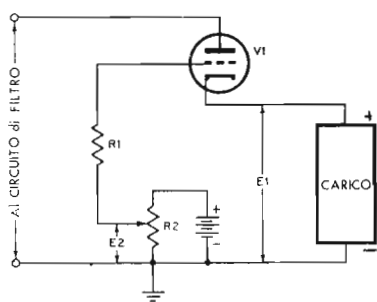



Fig. 4 — La resistenza R di figura 1 può essere sostituita da una valvola il cui valore resistivo tra placca e catodo dipende dalla polarizzazione di griglia.

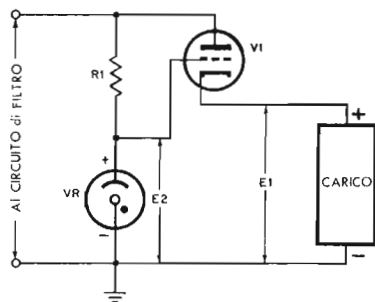



Fig. 5 — Il potenziale di griglia deve essere mantenuto costante, per cui, per eliminare la batteria di cui allo schema a fianco, si può utilizzare una valvola a gas.

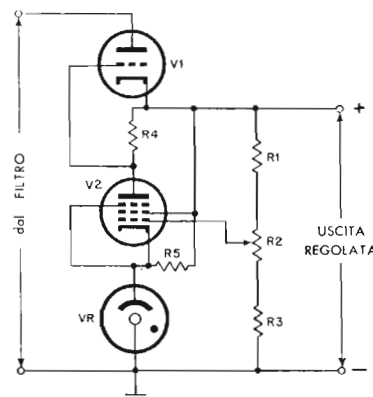



Fig. 6 — Perfezionamento dei circuiti di regolazione sin qui esaminati.

La resistenza R_1 limita la corrente di griglia quando l'alta tensione di ingresso al regolatore è interdetta a causa del potenziale di griglia costantemente positivo rispetto al catodo, fornito dal circuito a batteria. Quando ciò si verifica, tutti gli elettroni emessi vengono attratti dalla griglia stessa in quanto viene a mancare il potenziale di placca. La batteria può essere sostituita da una valvola a gas (**figura 5**) che mantiene costante il potenziale di griglia. In questo caso, il suo funzionamento è analogo a quello descritto per la figura 4. La tensione di griglia viene fornita dalla caduta di tensione (costante) presente ai capi di *VR*.

Regolatore a valvola elettronica perfezionato

Il circuito illustrato in **figura 6** rappresenta un perfezionamento dei circuiti di cui ci siamo ora occupati. Esso consente di ottenere una stabilizzazione notevole, grazie alla forte amplificazione da parte del pentodo V_2, la quale aumenta la sensiblità dell'assieme nei confronti della compensazione di piccole variazioni di tensione. Le tensioni stabilizzate e regolate, disponibili in uscita, sono perciò notevolmente indipendenti dalle variazioni della tensione di ingresso o della resistenza interna del carico.

La tensione regolata d'uscita si manifesta ai capi delle resistenze in serie R_1, R_2, R_3. Esse costituiscono parte di un divisore di tensione; la parte restante è rappresentata dalla resistenza interna (tra l'anodo ed il catodo) di V_1, attraverso la quale deve passare tutta la corrente che circola nel carico. Tutti gli altri componenti del circuito controllano la resistenza interna di V_1 al fine di mantenere costante la tensione d'uscita.

La tensione presente sul catodo di V_1 viene applicata alla placca del pentodo V_2 attraverso R_4. Il catodo di V_2 resta ad un potenziale positivo costante grazie alla presenza della valvola al neon *VR*. La quantità di corrente che percorre R_4, e la caduta di tensione presente ai suoi capi, vengono entrambe determinate dall'ammontare della polarizzazione della griglia di V_2. Questa tensione è ottenuta attraverso il partitore: il valore esatto viene determinato regolando il potenziometro R_2. Quest'ultimo viene infatti regolato in modo tale che la polarizzazione applicata alla griglia di V_2 consenta, attraverso alla valvola, il passaggio di una intensità di corrente prestabilita.

R_4 è collegata tra la griglia ed il catodo di V_1; la corrente che la percorre sviluppa ai suoi capi una caduta di tensione che costituisce la polarizzazone della griglia V_1 stessa. Di conseguenza, la posizione del cursore di R_2 determina l'intensità di corrente che circola nella valvola e stabilisce la resistenza interna di V_1 onde assicurare in uscita la tensione desiderata.

Se la tensione al carico tende ad aumentare — in seguito, sia ad un aumento della tensione proveniente dal filtro, che ad un aumento della resistenza del carico — la polarizzazione della griglia di V_2 diminuisce. Infatti — in tal caso — ai capi di R_3 si manifesta una tensione positiva maggiore. In tali condizioni il potenziale del catodo di V_2 resta praticamente costante grazie all'azione di regolazione da parte di *VR*. V_2 conduce quindi una corrente più intensa, essendo diminuita la polarizzazione di griglia. Questa maggiore corrente attraverso R_4 determina ai suoi capi una tensione maggiore la quale — come abbiamo detto — costituisce appunto la polarizzazione di V_1: di conseguenza, attraverso quest'ultima passa una corrente minore, e tra placca e catodo della stessa si ha una tensione maggiore. La tensione applicata al carico resta quindi costante.

Il fenomeno si inverte in caso di diminuzione della tensione proveniente dal filtro o dalla resistenza interna del carico.

L'anodo della valvola al neon (*VR*) è collegato alla linea ad uscita regolata (polo positivo) attraverso R_5. Questo collegamento è necessario per dar luogo alla ionizzazione non appena viene applicata la tensione. R_5 determina la tensione di funzionamento di *VR* e, in aggiunta, limita la corrente che la percorre.

Poichè tutta la corrente che circola nel carico deve passare attraverso V_1, la stessa deve poter consentire il passaggio di una corrente elevata. In alcune applicazioni, può accadere che una sola valvola non sia sufficiente: in questi casi è d'uso collegarne in parallelo due o più, eguali tra loro.

STABILIZZATORI di TENSIONE

Nonostante l'analogia tra i due dispositivi, lo stabilizzatore di tensione compie una funzione leggermente

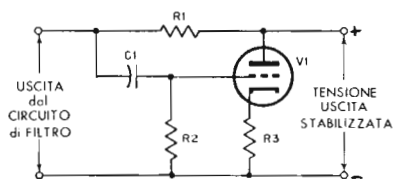



Fig. 7 — Schema di principio di uno stabilizzatore elettronico. La valvola è in parallelo all'uscita e assorbe una quantità di corrente che dipende dalla sua polarizzazione: quest'ultima è influenzata dalle eventuali rapide variazioni di tensione entrante, e la valvola compensa l'effetto.

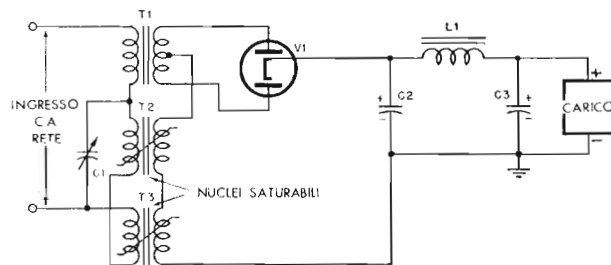
Fig. 8 — Stabilizzazione della tensione con l'impiego di trasformatori (T_2 e T_3) a ferro saturabile. Il loro effetto agisce sulla tensione che si presenta ai capi del primario di T_1 che è il trasformatore normale di alimentazione.

diversa da quella del regolatore di tensione. Lo stabilizzatore, infatti, non effettua un'azione di controllo sulla tensione d'uscita, bensì sopprime qualsiasi componente alternata o fluttuazione (variazione di ampiezza) che si sovrappone alla tensione continua erogata.

Il circuito di **figura 7** è lo schema di principio di uno stabilizzatore. La corrente totale proveniente dal filtro scorre attraverso R_1. La valvola è collegata in parallelo all'uscita. e da questa assorbe una quantità di corrente dipendente dal valore di R_3. La caduta di tensione presente ai suoi capi costituisce infatti la polarizzazione della griglia e — di conseguenza — la caratteristica di funzionamento. Qualsiasi componente alternata che si presenti ai capi del circuito, sceglie — come è noto — il percorso che presenta la minima impedenza, costituito in questo caso da C_1, e la valvola non ne viene influenzata. Per contro, le eventuali variazioni repentine ed i transistori, raggiungono la griglia di V_1, e fanno in modo che la valvola assorba una corrente più intensa. Quest'ultima aumenta la caduta di tensione ai capi della resistenza, e neutralizza l'aumento di tensione causato dalla fluttuazione che si sovrappone alla tensione continua. In tal caso, la tensione d'uscita resta relativamente costante.

Una sequenza analoga — seppure in senso inverso — si verifica allorchè la polarità della tensione transitoria è negativa. La caduta di tensione ai capi di R_1 diminuisce proporzionalmente, e la tensione d'uscita mantiene costante il suo valore.

Stabilizzatori con trasformatore a ferro saturo

Quando la corrente che percorre un'induttanza o un trasformatore aumenta, l'intensità del campo magnetico aumenta anch'essa, fino ad un punto critico oltre il quale non può più aumentare a causa della permeabilità limitata del nucleo. In tali condizioni questo ultimo è « saturo », ed il campo magnetico assume una intensità costante. Qualsiasi ulteriore aumento della corrente che percorre l'avvolgimento ha un effetto minimo sul campo magnetico o sulla tensione indotta d'uscita. Si verifica che, allorchè il nucleo è saturo, l'impedenza della bobina ha un valore ridotto. Questo fenomeno di saturazione, che abbiamo esaminato a suo tempo, può essere sfruttato per ottenere una regolazione di tensione.

La **figura 8** illustra uno dei circuiti più semplici medianti i quali è possibile stabilizzare una tensione a mezzo di un trasformatore a ferro saturo. Il trasformatore di alimentazione è T_1. I trasformatori T_2 e T_3 sono invece i trasformatori regolatori a nucleo saturabile. Ai capi del primario di T_2 e di T_3 è collegata una capacità variabile C_1, che completa un circuito sintonizzato. Quest'ultimo è in serie al primario di T_1, ed il circuito in serie così costituito si trova ai capi dell'ingresso a corrente alternata. Di conseguenza, solo una parte della tensione di linea è presente ai capi del primario di T_1, mentre il resto è presente sotto forma di caduta di tensione ai capi del circuito sintonizzato. I primari di T_2 e T_3 sono connessi tra loro in modo che le tensioni presenti ai loro capi siano rispettivamente sfasate di 180°. Se i relativi secondari sono collegati in serie con la polarità appropriata, la tensione « somma » è zero. Ciò evita che T_2 e T_3 introducano nel trasformatore di alimentazione variazioni di corrente alternata. Il secondario di T_1 è provvisto di presa centrale (per la doppia rettificazione) collegata in serie ai secondari di T_2 e di T_3.

Questo circuito consente di prevenire qualsiasi diminuzione della tensione continua di uscita determinata da un aumento della corrente del carico proveniente dall'alimentatore. Poichè i secondari di T_2 e T_3 sono collegati in serie al carico, un aumento della corrente attraverso quest'ultimo corrisponde ad un aumento di corrente attraverso i secondari stessi. Tale aumento porta i nuclei dei trasformatori al punto di saturazione, diminuendo la reattanza induttiva dei primari relativi. Dal momento che la reattanza induttiva è direttamente proporzionale all'induttanza, il valore induttivo del circuito sintonizzato diminuisce, e la sua frequenza di risonanza aumenta. Tale aumento diminuisce praticamente l'impedenza del circuito sintonizzato. Ne consegue che la caduta di tensione presente ai capi del circuito sintonizzato diminuisce, per cui ai capi del primario di T_1 si presenta una tensione più elevata. In conseguenza di ciò, la sezione rettificatrice fornisce una tensione maggiore, compensando la caduta di tensione provocata dall'aumento della corrente del carico. Variando la capacità del circuito sintonizzato, è possibile variare la tensione di ingresso del trasformatore

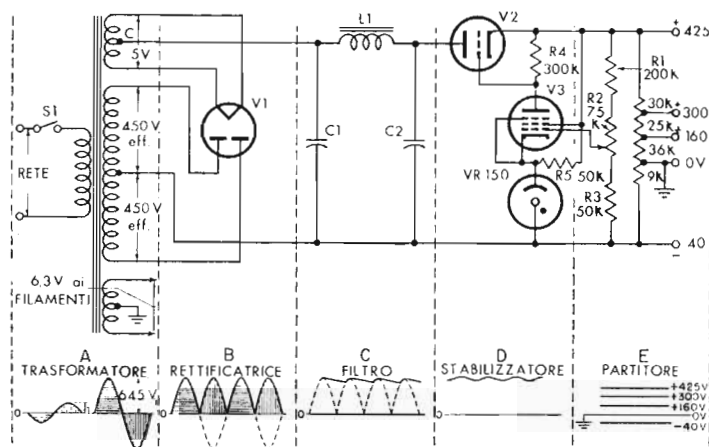



Fig. 9 — Alimentatore completo con tensioni anodiche d'uscita stabilizzate e regolate. La sezione di stabilizzazione è eguale a quella già illustrata a figura 6. In basso, in corrispondenza delle diverse sezioni, sono riportate le forme d'onda relative. Un alimentatore analogo, ma dotato di più complete caratteristiche, è argomento principale della 51ª lezione.

T_1, variando in conformità la tensione continua d'uscita. Il controllo di quest'ultima può essere effettuato rendendo variabile la capacità C_1.

REGOLAZIONE MEDIANTE AUTOTRASFORMATORE

Se si predispone un autotrasformatore all'ingresso di alimentatore si ha la possibilità di portare la tensione applicata ad un valore maggiore o minore, a seconda della necessità. Naturalmente, per aver modo di intervenire anche con leggere variazioni, l'autotrasformatore in questione deve essere costruito appositamente, in modo da consentire all'operatore (l'operazione non è automatica ma, bensì, manuale) una comoda manovra.

Dispositivi del genere sono correntemente in commercio (anche per potenze superiori al chilowatt) e tra essi citeremo i « variac » ed i « powerstat ». In essi si ha un cursore, solidale con una manopola, che, spostato, rende possibile una variazione continua della tensione da zero volt al valore massimo di controllo.

Una variante, più economica, al sistema sopracitato, consiste in un autotrasformatore con numerose prese intermedie. La funzione è eguale, ma non si ha una variazione assolutamente continua, bensì a scatti. Ogni presa fa capo al contatto di un commutatore il cui cursore è solidale con la manopola di regolazione.

Se la tensione primaria applicata al trasformatore di alimentazione dell'apparecchiatura che deve essere alimentata in modo stabile, diminuisce oltre un determinato valore, (il controllo è visivo, a mezzo di un voltmetro) l'autotrasformatore può essere regolato in modo da aumentare la tensione stessa fino al valore desiderato, e viceversa.

Si hanno anche realizzazioni apposite nelle quali questi interventi si verificano automaticamente grazie a dispositivi elettromeccanici (relais) che, opportunamente tarati, provvedono alle necessarie commutazioni.

ALIMENTATORI COMPLETI

La **figura 9** illustra il circuito di un alimentatore atto ad erogare una tensione anodica regolata e stabilizzata. Esso consta di un rettificatore a due semionde, di un filtro, di un circuito elettronico di regolazione, e di un divisore di tensione. Questo assieme è tipico, e, se si presenta la necessità di applicare ulteriori dispositivi di filtraggio, è possibile aggiungere, dopo C_2, ulteriori « cellule ». I valori dei componenti del filtro possono differire da quelli illustrati, senza peraltro alterare il funzionamento del circuito.

Riferiamoci alla figura 9: la tensione d'ingresso al primario del trasformatore è quella disponibile di rete. Il trasformatore è provvisto di tre secondari di cui due a bassa tensione (per l'accensione della raddrizzatrice e per l'accensione delle altre valvole associate all'apparecchiatura da alimentare) ed uno ad alta tensione. Quest'ultimo fornisce 1.200 volt di picco, corrispondenti a 900 volt efficaci. La presa centrale divide l'alta tensione disponibile in due parti, ciascuna delle quali ammonta a 450 volt efficaci. Da essa viene prelevato il polo negativo della tensione rettificata da V_1. Il polo positivo corrisponde invece alla presa centrale dell'avvolgimento di accensione di V_1. Detta presa fa in modo che la corrente che percorre le due sezioni del doppio diodo si divida in parti eguali tra i due conduttori del filamento.

Il funzionamento avviene come segue: allorchè l'interruttore S_1 è chiuso, la tensione di rete è applicata al primario del trasformatore (vedi forma d'onda piccola in A; la forma d'onda maggiore rappresenta la tensione secondaria elevata). Non ci dilunghiamo sul funzionamento della rettificatrice, già noto al lettore. Come sappiamo, all'uscita di questo stadio (ai capi di C_1) abbiamo una tensione pulsante continua, come illustrato in **B**. In pratica, tale sarebbe la forma degli impulsi in assenza di qualsiasi filtraggio, mentre invece la presenza di C_1 è già sufficiente da sola per livellare notevolmente le pulsazioni. La cellula di filtraggio C_1, L_1, C_2, trasforma la tensione rettificata come illustrato in **C**. La carica e scarica del condensatore di filtro provvede — come è noto — a livellare la tensione; il funzionamento di L_1 ci è altrettanto noto. Il circuito del regolatore di tensione rende costante la tensione d'uscita, anche se esistono variazioni nella tensione di ingresso o nelle caratteristiche del carico. La valvola V_2 è in serie al circuito d'uscita. La resistenza R_4, la valvola V_3 e la valvola al neon VR150 sono collegate in serie tra loro ai capi dell'uscita. *VR* mantiene il catodo di V_3 ad un potenziale costante rispetto a massa. La posizione del cursore di R_2 determina la polarizzazione della griglia di controllo di V_3. La corrente che passa attraverso R_4 stabilisce la tensione di polarizzazione di V_2 dalla quale dipende la sua resistenza interna.

Tutte queste condizioni hanno lo scopo di assicurare

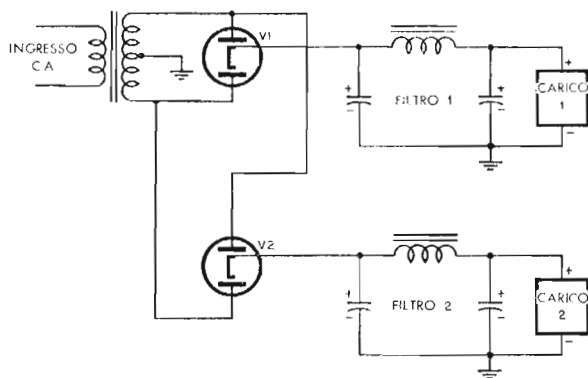



Fig. 10 — Utilizzando un solo trasformatore, si possono realizzare anche due distinti alimentatori.

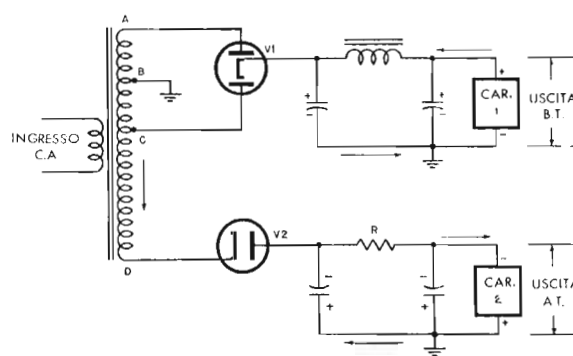



Fig. 11 — Altro abbinamento di due diversi alimentatori con impiego di trasformatore in comune.

la tensione desiderata ai capi del divisore di tensione.

Allorchè il carico assorbe una corrente maggiore di quella stabilita, la tensione fornita dall'alimentatore tende a diminuire. Ciò fa in modo che la polarizzazione negativa della griglia di V_3 aumenti, per cui, attraverso quest'ultima, passa una corrente minore. La corrente ridotta attraverso R_1 diminuisce la polarizzazione della griglia di V_2 e — di conseguenza — diminuisce anche la resistenza interna di quest'ultima. La caduta di tensione presente ai capi della valvola diminuisce, e la tensione d'uscita aumenta.

Se il circuito è progettato in modo appropriato, la riduzione della caduta di tensione ai capi di V_2 è sufficiente a compensare la riduzione della tensione d'uscita, per cui la tensione disponibile ai capi del carico rimane automaticamente la medesima.

Quando la tensione aumenta, si verifica una sequenza simile ma in senso opposto. In **D** è illustrata la forma d'onda della corrente che circola nel regolatore.

Il divisore di tensione, costituito da resistenze collegate ai capi dell'uscita dell'alimentatore, compie tre funzioni. Come zavorra, funziona da dispositivo di sicurezza per consentire ai condensatori di scaricarsi allorchè l'apparecchio viene spento. Come resistenza di carico, agisce da stabilizzatore per proteggere il regolatore di tensione allorchè nessun carico viene applicato, e contribuisce a migliorare la regolazione. Come divisore di tensione — infine — è munito di prese in vari punti, alle quali sono disponibili vari valori della tensione erogata dall'alimentatore. Il divisore può essere collegato a massa dal lato inferiore, oppure in qualsiasi altro punto avente un potenziale più alto lungo il suo percorso, per consentire la disponibilità di una tensione negativa — o di tensioni intermedie — tra massa ed il negativo dell'alimentazione. In **E** vengono ottenute tre uscite positive ed una negativa (—40 volt).

Combinazioni di alimentatori

Due o più alimentatori funzionanti col medesimo trasformatore di alimentazione ma indipendenti l'uno all'altro, possono essere uniti in un unico complesso. Gli alimentatori di questo tipo vengono usati nei casi in cui, per soddisfare particolari esigenze tecniche, sono necessarie due o più sorgenti indipendenti di tensione. Le tensioni d'uscita possono avere la medesima polarità, oppure polarità opposte. I valori delle tensioni erogate possono del pari essere eguali o differenti. Ad eccezione del trasformatore di alimentazione, sono ovviamente necessari componenti separati per le due unità di rettificazione e di filtraggio. È possibile usare un trasformatore del tipo standard, tuttavia esso deve avere caratteristiche tali da soddisfare le esigenze del particolare circuito di utilizzazione.

Normalmente, il trasformatore viene progettato per un funzionamento combinato in quanto è provvisto sia di avvolgimento addizionale per l'accensione delle raddrizzatrici, sia di prese sul secondario ad alta tensione, in conformità alle esigenze.

La **figura 10** illustra la combinazione di due alimentatori separati, facenti capo al medesimo trasformatore. La presa centrale dell'avvolgimento ad alta tensione consente la rettificazione delle due semionde in entrambi. Le tensioni rettificate presenti sui catodi delle valvole, convogliate a due circuiti separati che provvedono al filtraggio, proseguono alla volta di due carichi distinti. Entrambe sono polarizzate nel medesimo senso rispetto a massa, ed hanno un valore pressochè eguale. Grazie alla combinazione in parallelo delle placche, le due valvole funzionano all'unisono.

Un secondo esempio di combinazione è illustrato alla **figura 11**. In questo caso, V agisce da valvola rettificatrice a bassa tensione e fornisce al carico « 1 » una tensione positiva rispetto a massa (punto B del trasformatore di alimentazione). Nell'altra sezione del doppio alimentatore figura un alimentatore separato ad Alta Tensione che fornisce al carico « 2 » una tensione negativa rispetto a massa. Il secondario del trasformatore di alimentazione è un unico avvolgimento provvisto di varie prese. La presa B è a massa ed è in comune ad entrambi i circuiti. Essa costituisce il polo negativo per la tensione più bassa, ed il polo positivo per la più alta. A e C — presenti sempre nel medesimo avvolgimento — sono connesse alle due placche della rettificatrice V_1, e forniscono loro le due tensioni a fase opposta necessarie per la rettificazione delle due semionde.

Le sezioni del secondario limitate dalle varie prese, indicate con A, B e C funzionano come in qualsiasi altro secondario di tipo convenzionale, munito di presa centrale, come abbiamo visto nei comuni rettificatori.

Considerando l'altra sezione del secondario, notiamo che esiste una tensione tra il punto B e il punto D. L'ampiez-

Fig. 12 — **Tre diversi alimentatori riuniti in un unico complesso. Uno fornisce 4.500 volt, un altro 300 volt ed il terzo 270 volt stabilizzati.**

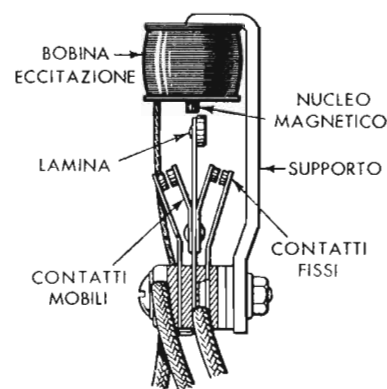
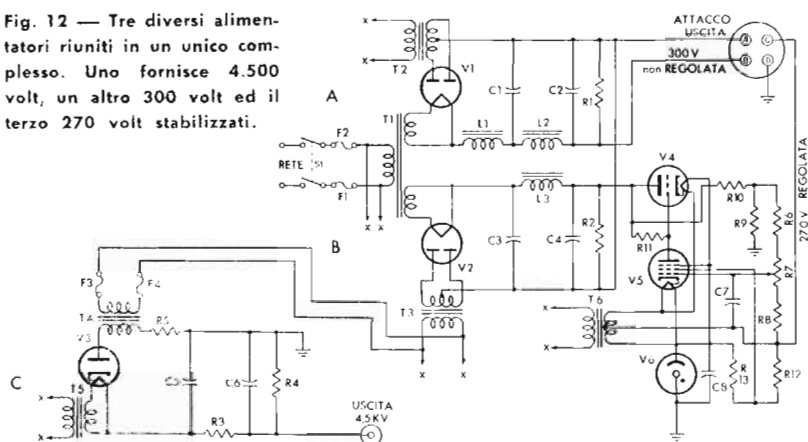



Fig. 13 — **Caratteristico vibratore elettromagnetico: disposizione ed aspetto delle sue parti.**

za di questa tensione dipende dal rapporto tra le spire primarie e quelle secondarie. Detta sezione fornisce una tensione più elevata da rettificare, ed è del tutto indipendente da V_1.

Il fatto che il punto *B* sia in comune, e negativo per la tensione più bassa, non porta alcuna conseguenza agli effetti della polarità dell'altra sezione. Essendo collegato a massa, il punto *B* può infatti avere qualsiasi polarità.

L'avvolgimento compreso tra *B* e *D* fornisce alla valvola V_2 la tensione da rettificare, e la tensione presente tra questi due punti viene rettificata — come sappiamo — in una sola semionda. La cellula di filtraggio, costituita dalla resistenza *R* e dai due condensatori il cui polo positivo è collegato a massa, livella la tensione fornita al carico « 2 ».

In tal modo, i due alimentatori funzionano indipendentemente l'uno dall'altro, e rendono disponibili due tensioni di valore e di polarità diversa. Il valore delle tensioni dipende dal rapporto tra le spire. La polarità — invece — dipende dalla disposizione del circuito. Ad esempio, se la valvola rettificatrice V_2 venisse invertita, ossia avesse la placca collegata al punto *D* ed il catodo al primo condensatore della cellula filtrante, la polarità della tensione applicata al carico « 2 » sarebbe invertita. In altre parole, il punto *B* sarebbe negativo anche nei confronti della tensione più alta.

Applicazioni di alimentatori combinati

La possibilità di combinare vari circuiti di alimentazione consente la realizzazione di vari tipi di alimentatori più o meno complessi. La **figura 12** illustra appunto il circuito di un alimentatore atto a compiere tre funzioni in quanto fornisce diverse tensioni a tre diversi circuiti. Le uscite (tutte positive verso massa) sono costituite da 300 volt non regolati, 270 volt regolati e 4.500 volt non regolati. Le due tensioni di 300 e 270 volt servono per fornire le tensioni di placca e di schermo a tutti gli stadi di amplificazione dell'apparecchiatura alimentata.

La tensione di alimentazione usata per un dato stadio, dipende dalle esigenze dello stadio stesso. Se è necessaria una possibilità di regolazione, si usa la tensione di 270 volt: diversamente, è disponibile l'altra. La tensione a 4.500 volt può essere invece usata per l'alimentazione (ad esempio) di un tubo a raggi catodici.

Allorchè l'interruttore S_1 viene chiuso, la tensione di rete viene collegata al primario del trasformatore.

I fusibili da 5 ampère, F_1 ed F_2, sono in serie al primario di T_1 e proteggono il circuito dell'alimentatore. Altri due fusibili da 0,5 ampère, F_3 ed F_4, proteggono invece il primario di T_4.

La tensione positiva di 300 volt, non regolata, viene ricavata dalla sezione *A* del circuito di figura 12, che è costituita da un rettificatore convenzionale a due semionde, seguito da una doppia cellula filtrante del tipo *LC*. La tensione di accensione per V_1 è prelevata da un secondario di T_1. Il filtro è costituito da L_1, C_1, L_2 e C_2. La tensione d'uscita è continua e relativamente priva di ondulazioni. Allo scopo di scaricare completamente i condensatori allorchè l'unità viene spenta, in parallelo all'uscita si trova la resistenza « zavorra » R_1.

La tensione continua è disponibile ai contatti *A* e *B* dell'attacco d'uscita. La tensione positiva e regolata di 270 volt viene invece ricavata dalla sezione *B* del circuito. La prima parte di quest'ultimo è anch'essa un rettificatore convenzionale a due semionde, seguito da un filtro a « π ». V_2 è la valvola relativa, mentre C_3, L_3 e C_4 costituiscono il filtro. La tensione del filamento è ricavata da un altro secondario (separato dal primo) di T_1.

La seconda parte di questa sezione è un circuito regolatore di tensione che consiste in tre valvole: V_4, V_5 e V_6. Se la tensione d'uscita (disponibile al contatto *C* dell'attacco d'uscita) tende a diminuire, la tensione di polarizzazione di V_5 diventa più negativa, per cui la valvola conduce una corrente minore. Ciò determrina un aumento della tensione di placca. Tale aumento viene applicato alla griglia di V_4, la quale si trova così in grado di condurre una corrente maggiore.

Questo aumento di conduttività determina a sua volta una diminuzione della resistenza di placca, quindi ai capi della valvola (ossia tra placca e catodo) si ha una caduta di tensione inferiore. Ciò compensa la diminuzione iniziale della tensione.

Come abbiamo visto analizzando, all'inizio di questa lezione, i vari circuiti, se la tensione d'uscita tende ad aumentare, la sequenza è la medesima, ma i fenomeni concatenati si verificano in senso opposto.

L'aumento della caduta di tensione presente tra catodo e placca di V_4 mantiene costante anche in questo caso la tensione d'uscita.

Il catodo di V_5 deve avere un potenziale costante, in modo che soltanto le variazioni di tensione della griglia

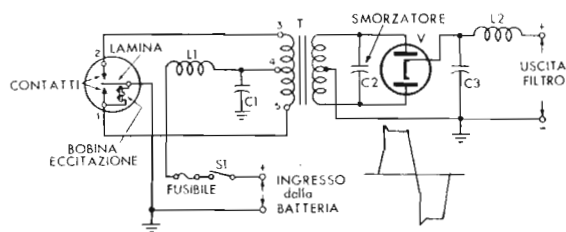



Fig. 14 — Alimentatore utilizzante un vibratore che trasforma la corrente continua disponibile (batteria = bassa tensione) in corrente alternata, elevata dal trasformatore T e successivamente rettificata dalla valvola V. All'uscita si ha alta tensione continua.

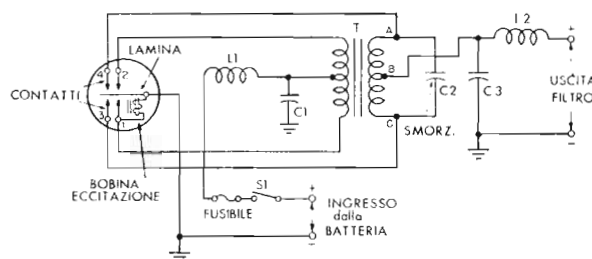



Fig. 15 — Il risultato con lo schema di figura 14 può essere raggiunto anche con questo schema. Come si vede, la valvola è stata eliminata e la sua funzione viene svolta da una coppia di contatti (3 e 4), aggiunti al vibratore.

possano determinare variazioni di intensità di corrente attraverso la valvola stessa. Per mantenere costante la tensione del catodo viene qui usata la valvola al neon V_3.

Il condensatore C_8 offre una bassa impedenza verso massa alle eventuali rapide variazioni della tensione d'uscita, ed impedisce loro di raggiungere il catodo di V_3, R_7 è una resistenza variabile che consente di regolare la tensione d'uscita al valore di 270 volt in condizioni normali di carico. La resistenza R_{10} compensa in parte le variazioni della tensione di rete accoppiando una parte di qualsiasi variazione presente all'uscita del filtro, alla griglia di V_3.

C_7 rende la valvola V_3 sensibile alle eventuali rapide variazioni dell'uscita del rettificatore, accoppiando queste ultime alla griglia.

Infine, la sezione *C* del circuito, costituita da una valvola rettificatrice di una sola semionda e dal filtro C_5, R_3, C_6, fornisce una tensione non regolata di 4.500 volt, disponibile alla presa d'uscita. R_4 consente la scarica totale dei condensatori quando il dispostivo non è in funzione, ed R_5 limita la corrente iniziale attraverso la valvola non appena il complesso viene messo in funzione.

Alimentatori a vibratore

Un vibratore è un dispositivo elettromagnetico che ha il compito di convertire una corrente continua in corrente pulsante, tale da poter essere elevata mediante un trasformatore. In tal modo è possibile ricavare da una batteria di accumulatori la tensione, notevolmente più alta, necessaria per alimentare le placche e gli schermi delle valvole di una apparecchiatura elettronica.

Esso consiste essenzialmente in una bobina di eccitazione avvolta su un nucleo magnetico, ed in un equipaggio mobile che si sposta per effetto del campo magnetico prodotto dalla bobina stessa. La **figura 13** ne illustra un esemplare. In essa si nota una lamina vibrante che, attratta dal nucleo magnetico, chiude la coppia di contatti di sinistra aprendo quella di destra. Tale apertura interrompe la corrente di eccitazione, per cui la lamina, per elasticità, ritorna alla posizione iniziale. In tal caso la corrente di eccitazione torna a circolare ed il ciclo si ripete.

I vibratori possono essere di due tipi: il primo tipo è detto **non sincronizzato**, ed agisce semplicemente da interruttore, in quanto interrompe la corrente con una frequenza stabilita dalle caratteristiche della lamina vibrante. In tal caso, le successive aperture e chiusure di una delle coppie di contatti rendono disponibile una corrente pulsante, prelevata dalla medesima batteria che eccita il vibratore. Questa corrente può essere elevata e quindi rettificata con un circuito convenzionale, come quello illustrato in **figura 14**.

Il seondo tipo è detto **sincronizzato** poichè è provvisto di una seconda coppia di contatti mediante i quali viene eseguita direttamente la rettificazione, attraverso un circuito come quello illustrato in **figura 15**.

I vibratori, di qualunque tipo essi siano, sono generalmente racchiusi in un involucro rivestito internamente di gomma per attutire le vibrazioni. Detto involucro è munito di uno zoccolo per l'innesto in un supporto, esattamente come avviene con le valvole. Ciò per consentire la facile sostituzione in caso di guasto.

Nel circuito di figura 14 si nota che attraverso il primario di *T* circola una corrente pulsante dovuta all'azione del vibratore. Ai capi del secondario è presente una tensione alternata la cui forma d'onda è illustrata a lato, che viene poi rettificata dalla valvola *V*, e filtrata mediante C_3, L_2, e l'eventuale filtro successivo.

Nel circuito di figura 15, la coppia di contatti *1* e *2* compie la medesima funzione del caso precedente. In aggiunta, la coppia di contatti *3* e *4*, (contatti che funzionano in sincronismo con gli altri due) provvede alla rettificazione. Infatti, la tensione presente ai capi del secondario di *T* non viene prelevata per intero, bensì alternativamente tra la presa centrale *B*, ed uno dei terminali opposti *A* e *C*. In tal modo, la presa centrale fornisce sempre la polarità positiva, mentre quella negativa è disponibile a massa, rendendo inutile la rettificazione.

In entrambi i casi, il condensatore C_2 sopprime i transitori dovuti allo scintillìo tra i contatti, evitando che essi si ripercuotano sul funzionamento dell'apparecchio alimentato.

Ovviamente, questi dispositivi servono esclusivamente per la produzione delle tensioni anodiche, mentre le tensioni di accensione per i filamenti delle valvole dell'apparecchiatura alimentata, vengono prelevate direttamente dalla batteria di accumulatori.

Un caso tipico di applicazione è l'apparecchio radio a valvole installato su automobili o comunque su mezzi semoventi che sono nella generalità provvisti di impianto a bassa tensione di corrente continua (accumulatori).

SIMBOLI - ABBREVIAZIONI

G_1 = Prima griglia, o griglia «pilota», o griglia «controllo»

G_2 = Seconda griglia, o griglia « schermo », o, più comunemente, « schermo »

G_3 = Terza griglia, o griglia di « soppressione », o, più comunemente, « soppressore »

G_c = Griglia « controllo »

G_s = Griglia « schermo »

E_{g1} = Tensione di griglia controllo

E_{g2} = Tensione di griglia schermo

E_{GS} = Tensione di griglia schermo

E_{g3} = Tensione di griglia di soppressione

I_{g1} = Corrente di griglia controllo

I_{g2} = Corrente di griglia schermo

I_{GS} = Corrente di griglia schermo

E_f = Tensione di filamento

I_k = Corrente di catodo

I_f = Corrente di filamento

R_k = Resistenza catodica

FORMULE

$I_k = I_p + I_{g2}$

$R_k = E_{g1} : (I_p + I_{g2})$

SEGNI SCHEMATICI

 = Tetrodo ad accensione diretta

 = Tetrodo ad accensione indiretta

 = Pentodo ad accensione diretta

 = Pentodo ad accensione indiretta, con G_3 libera

 = Pentodo ad accensione indiretta, con G_3 collegata interamente al catodo

 = Pentodo a fascio

 = Lampada stabilizzatrice « amperite » o « ferro-idrogeno »

 = Valvola al neon

 = Valvola al neon

DOMANDE sulle LEZIONI 49ª e 50ª

N. 1 —
Quale è il compito della griglia schermo in un tetrodo o in un pentodo?

N. 2 —
Quale è il compito della terza griglia in un pentodo? Come si chiama?

N. 3 —
Nei tetrodi e pentodi, a cosa equivale l'intensità di corrente che scorre nel circuito di catodo?

N. 4 —
Per quale motivo un pentodo consente un'amplificazione maggiore di quella consentita da un triodo?

N. 5 —
Per quale motivo l'andamento della curva caratteristica statica di una valvola è diverso da quello della curva dinamica?

N. 6 —
Per quale motivo è necessario l'impiego di un condensatore di filtro per la tensione di griglia schermo?

N. 7 —
Cosa si intende per regione a resistenza negativa, nella curva caratteristica di un tetrodo?

N. 8 —
Quale è, normalmente, il potenziale della griglia di soppressione rispetto al catodo?

N. 9 —
Cosa si intende per emissione secondaria? In quale modo vi si pone rimedio?

N. 10 —
Nei confronti del triodo, come si comportano la resistenza di placca, il fattore di amplificazione e la conduttanza mutua di un tetrodo?

N. 11 —
Quale è il vantaggio offerto dai pentodi a fascio elettronico?

N. 12 —
Quale è la caratteristica di una valvola a coefficiente variabile di amplificazione?

N. 13 —
Perchè una valvola del tipo « amperite » o « ferro-idrogeno » può fungere da stabilizzatrice?

N. 14 —
Come si comporta una valvola al neon se aumenta la tensione applicata ai suoi elettrodi?

N. 15 —
Come è possibile stabilizzare una tensione di 300 volt mediante valvole al neon funzionanti con soli 150 volt?

N. 16 —
Quale è il fenomeno che determina il passaggio di corrente tra gli elettrodi di una valvola al neon?

N. 17 —
In un alimentatore a tensione di uscita regolabile, come si provvede alla regolazione?

N. 18 —
Quale è la differenza tra un vibratore sincronizzato ed uno non sincronizzato?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 377

N. 1 — Il controllo dell'intensità del flusso di elettroni tra il catodo e la placca, il quale diminuisce con l'aumentare del potenziale negativo della griglia.

N. 2 — Tensione di interdizione, o di blocco.

N. 3 — No. Oltre un certo valore, essa è limitata dalla impossibilità da parte del catodo di emettere elettroni in quantità maggiore.

N. 4 — Come il rapporto tra le variazioni della tensione di placca e le variazioni della tensione di griglia.

N. 5 — Per far sì che entrambe le semionde del segnale, positive e negative, vengano amplificate uniformemente.

N. 6 — In tali condizioni si ha:

$E_p = 90$ volt
$I_p = 2{,}7$ milliampère
$\Delta E_p = 30$ volt
$\mu = 15$

Da ciò si deduce che il coefficiente di amplificazione resta immutato rispetto al caso considerato nel testo.

N. 7 — La conduttanza mutua, o transconduttanza, è il rapporto tra le variazioni della corrente di placca, e le variazioni della tensione di griglia che ne sono causa, ferma restando la tensione di placca. È rappresentata dal simbolo « g_m ».

N. 8 — Perchè un aumento della tensione di griglia in senso negativo determina un aumento della tensione di placca in senso positivo. La corrente anodica infatti diminuisce, come pure la caduta di tensione attraverso la resistenza di carico, e viceversa.

N. 9 — In tre modi: mediante una batteria apposita, mediante una resistenza in serie al catodo, o mediante una resistenza in serie al lato negativo della tensione anodica, prima della quale viene collegata la resistenza di griglia.

N. 10 — Dividendo la tensione di polarizzazione per la corrente anodica.

N. 11 — Collegando a massa la presa centrale di una resistenza collegata in parallelo al filamento.

N. 12 — Due: la prova dell'emissione, e quella della conduttanza mutua.

N. 13 — Inserendo e disinserendo una resistenza posta in serie alla griglia. Se il vuoto non è regolare, la sua presenza in circuito determina un notevole aumento di corrente anodica.

N. 14 — Perchè alcuni tipi di cortocircuito si manifestano solo quando la valvola raggiunge la normale temperatura di funzionamento, ossia si trova « sotto tensione ».

N. 15 — Perchè il catodo, o lo strato emittente depositato sul filamento, può essere esaurito. Ciò impedisce l'emissione.

N. 16 — Sì: misurando la caduta di tensione presente ai capi della resistenza di placca o della resistenza di catodo. Il rapporto tra detta tensione ed il valore della resistenza dà la corrente anodica.

COSTRUZIONE di un ALIMENTATORE STABILIZZATO

In un laboratorio nel quale si ha spesso occasione di effettuare misure e prove di vario genere, un alimentatore stabilizzato e ad uscita regolabile, è di notevole utilità. Esso consente, infatti, di sperimentare qualsiasi dispositivo, senza dover costruire appositamente il circuito di alimentazione. Oltre a ciò, specie in fase sperimentale, anche nei confronti di apparecchiature che non necessitano di una alimentazione rigorosamente costante — onde èventualmente studiarne il funzionamento in tutti i suoi dettagli — l'alimentazione stabilizzata consente sempre risultati più soddisfacenti.

A tale scopo, presentiamo l'alimentatore modello **PS-4**. Esso è reperibile in commercio, sotto forma di scatola di montaggio, come il provavalvole descritto alla lezione 47ª. Valgono anche quì le considerazioni allora esposte in merito alle scatole di montaggio.

L'alimentatore **PS-4** è una sorgente variabile e stabilizzata di tensione anodica, variabile di tensione di polarizzazione, e fornisce anche la tensione per l'accensione dei filamenti; esso è particolarmente utile nei laboratori di progettisti, ma lo è anche nei più modesti laboratori di riparazione.

Questa apparecchiatura consente al tecnico di provare e perfezionare i suoi circuiti, indipendentemente dai dispositivi di alimentazione che li completano. La tensione e la corrente d'uscita sono entrambe controllate in modo continuo, mediante due appositi strumenti installati sul pannello: ciò facilita la determinazione ed il controllo della potenza dissipata dall'apparecchio alimentato e consente all'operatore di stabilire con precisione le caratteristiche di alimentazione di una determinata sezione o parte.

Tutte le uscite sono isolate dallo chassis allo scopo di permettere l'uso del polo positivo, sia come punto « *caldo* », che come lato massa. I filamenti vengono alimentati con

Schema a blocchi, illustrante le funzioni delle diverse sezioni ed i loro reciproci rapporti.

tensioni provenienti da trasformatori separati da quelli che erogano l'alta tensione. In questo modo viene resa possibile la temporanea esclusione di tutte le tensioni elevate, lasciando però in funzione quelle di accensione. Durante le normali prove di laboratorio, questa possibilità evita al tecnico di aspettare che le valvole abbiano nuovamente raggiunta la temperatura di funzionamento, ogni volta che egli deve disinserire l'apparecchio sotto prova per intervenire nel circuito.

Il circuito che fornisce la tensione di polarizzazione è provvisto di un apposito potenziometro che permette una regolazione accurata della tensione d'uscita, nonchè di un commutatore collegato ad uno strumento, il quale rende possibile l'inserzione di quest'ultimo, o sulla tensione anodica o sulla tensione di polarizzazione. L'intero apparecchio è protetto mediante dispositivi di sicurezza che evitano qualsiasi pericolo di danno se l'uscita della tensione di polarizzazione viene accidentalmente cortocircuitata. Sono inoltre previsti dei fusibili per proteggere l'apparecchio contro eventuali sovraccarichi o cortocircuiti.

Le caratteristiche del circuito sono tali che la corrente d'uscita può variare entro ampi limiti (da 0 a 100 mA, a seconda del carico), mentre, nonostante ciò, la tensione d'uscita rimane costante al suo valore originale.

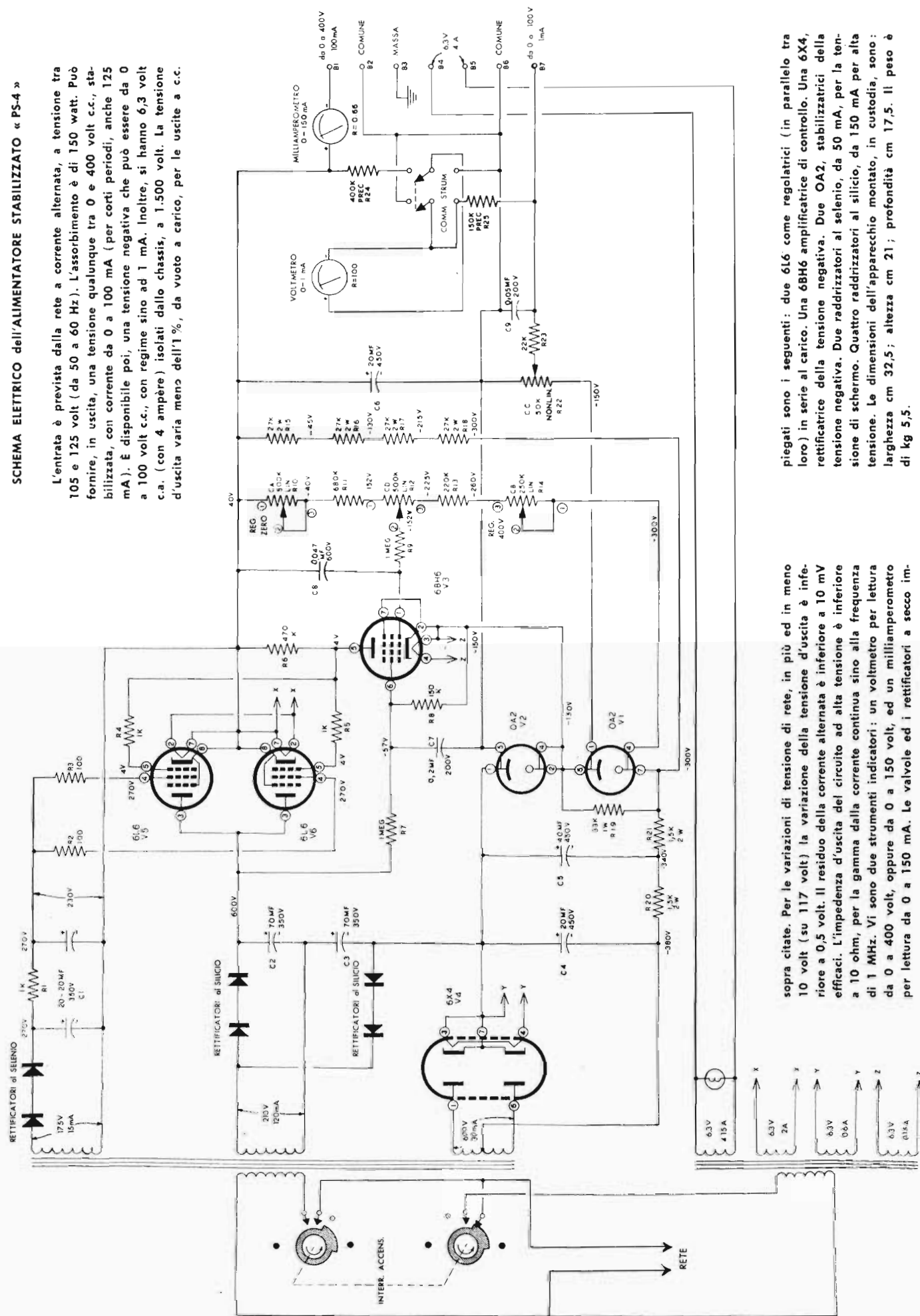
L'alta tensione proviene da un duplicatore di tensione con rettificazione delle due semionde, realizzato mediante diodi al silicio. Questa tensione è collegata alle placche di due valvole del tipo 6L6, connesse in parallelo tra loro. I rispettivi catodi sono collegati alla presa d'uscita attraverso un milliamperometro. Le 6L6 vengono utilizzate come pentodi, in quanto, per lo scopo prefisso, è molto più conveniente il pentodo che non il triodo. A tale scopo, viene usata una sezione speciale e separata di alimentazione per fornire la necessaria tensione alle griglie schermo. L'alimentazione in questione consiste in un rettificatore ad una semionda, nel quale sono impiegati due diodi rettificatori al selenio, seguiti da una doppia cellula di filtraggio. Due resistenze da 100 ohm (che agiscono da soppressori di correnti parassite) portano la dovuta tensione alle griglie schermo. Il punto comune di questa alimentazione è collegato ai catodi delle 6L6; in tal modo la tensione di schermo può essere considerata relativamente costante.

Grazie alle caratteristiche di questo tipo di circuito, la combinazione in parallelo delle due valvole 6L6 si comporta come una resistenza variabile, il cui valore è controllato — come abbiamo visto nella lezione precedente — dalle eventuali piccole variazioni della tensione presente sulle griglie di controllo.

Il segnale che giunge a dette griglie proviene dalla apposita valvola di controllo, 6BH6, che funziona come amplificatrice di tensione a corrente continua. La griglia di questa valvola è alimentata mediante un partitore presente tra i capi della linea d'uscita; la placca è collegata direttamente alle griglie delle 6L6, attraverso due resistenze da 1.000 ohm ciascuna. In tal modo, qualsiasi variazione di tensione causata da variazioni del carico applicato o della tensione di rete, o da entrambe, viene immediatamente amplificata e ricondotta, con polarità invertita, alle griglie della 6L6 che — come sappiamo — sono in parallelo tra loro ed in serie all'uscita. Si determina una variazione corrispondente nella resistenza interna delle valvole, variazione che è in opposizione rispetto alle variazioni della tensione di uscita. Queste ultime vengono quindi automaticamente neutralizzate.

La tensione di schermo per la valvola amplificatrice di controllo è anch'essa prelevata da un partitore (ai capi del quale è presente una tensione continua) collegato tra l'alimentazione ad alta tensione e la sorgente di tensione

SCHEMA ELETTRICO dell'ALIMENTATORE STABILIZZATO « PS-4 »

L'entrata è prevista dalla rete a corrente alternata, a tensione tra 105 e 125 volt (da 50 a 60 Hz). L'assorbimento è di 150 watt. Può fornire, in uscita, una tensione qualunque tra 0 e 400 volt c.c., stabilizzata, con corrente da 0 a 100 mA (per corti periodi, anche 125 mA). È disponibile poi, una tensione negativa che può essere da 0 a 100 volt c.c., con regime sino ad 1 mA. Inoltre, si hanno 6,3 volt c.a. (con 4 ampère) isolati dallo chassis, a 1.500 volt. La tensione d'uscita varia meno dell'1 %, da vuoto a carico, per le uscite a c.c.

sopra citate. Per le variazioni di tensione di rete, in più ed in meno 10 volt (su 117 volt) la variazione della tensione d'uscita è inferiore a 0,5 volt. Il residuo della corrente alternata è inferiore a 10 mV efficaci. L'impedenza d'uscita del circuito ad alta tensione è inferiore a 10 ohm, per la gamma dalla corrente continua sino alla frequenza di 1 MHz. Vi sono due strumenti indicatori: un voltmetro per lettura da 0 a 400 volt, oppure da 0 a 150 volt, ed un milliamperometro per lettura da 0 a 150 mA. Le valvole ed i rettificatori a secco impiegati sono i seguenti: due 6L6 come regolatrici (in parallelo tra loro) in serie al carico. Una 6BH6 amplificatrice di controllo. Una 6X4, rettificatrice della tensione negativa. Due OA2, stabilizzatrici della tensione negativa. Due raddrizzatori al selenio, da 50 mA, per la tensione di schermo. Quattro raddrizzatori al silicio, da 150 mA per alta tensione. Le dimensioni dell'apparecchio montato, in custodia, sono: larghezza cm 32,5; altezza cm 21; profondità cm 17,5. Il peso è di kg 5,5.

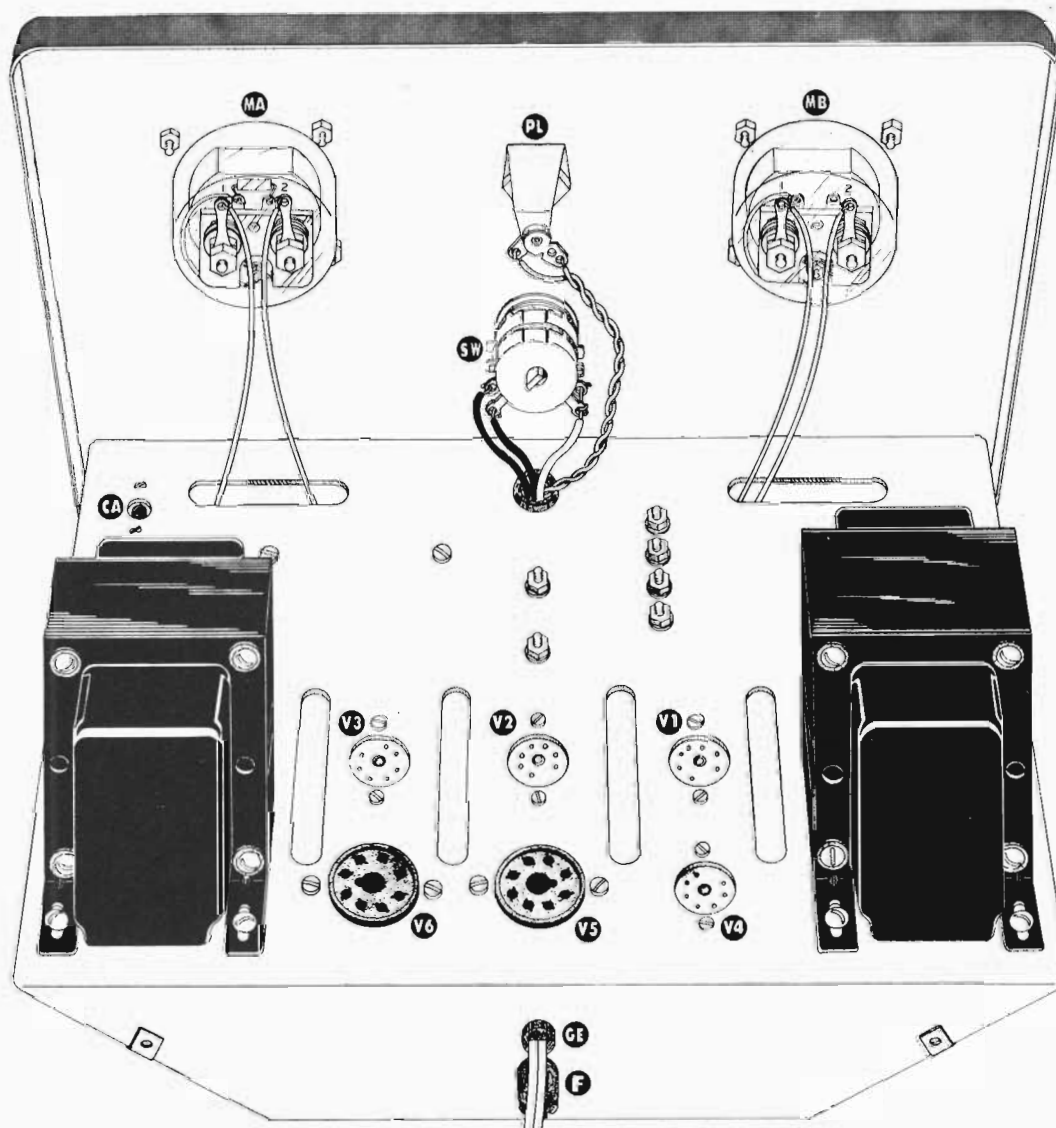
regolata del valore di —150 volt. L'ampiezza dell'alta tensione varia in senso inverso, rispetto alle variazioni della corrente d'uscita; ognuna di tali variazioni viene convogliata sulla griglia schermo, attraverso il citato partitore.

L'impedenza d'uscita dell'alimentatore può essere resa positiva o negativa usando differenti valori del divisore. I valori adottati in questa apparecchiatura sono stati scelti per consentire un'impedenza d'uscita praticamente eguale a zero.

La tensione d'uscita negativa è prelevata da una rettificatrice a due semionde del tipo 6X4, seguita da un filtro capacitivo a due sezioni. L'uscita del filtro è a sua volta collegata ad una coppia di valvole al neon, del tipo OA2 (stabilizzatrici di tensione) collegate in serie tra loro.

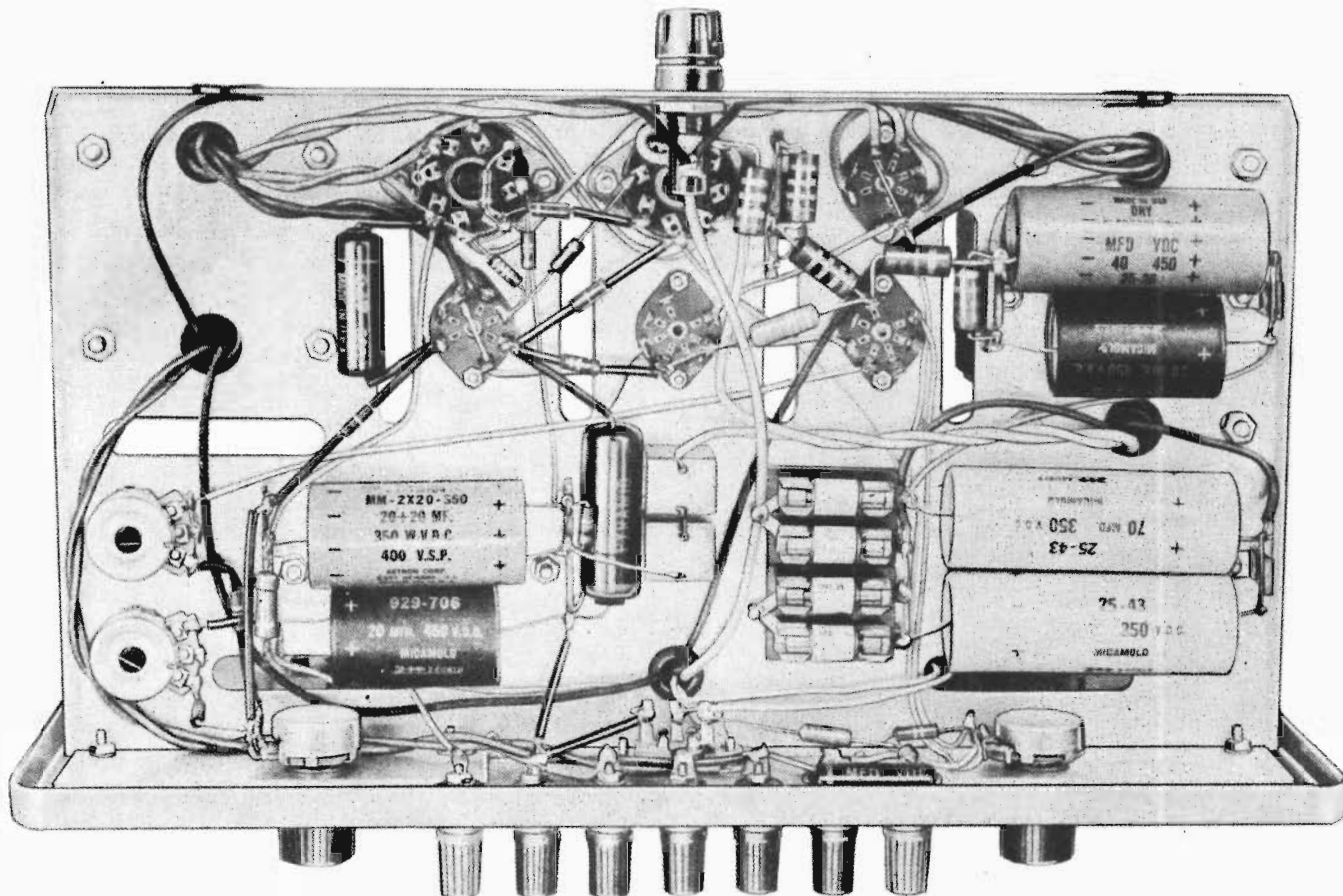
Il circuito della resistenza « zavorra », formato da quattro resistenze da 27 kohm unite in serie tra loro, è collegato tra il polo positivo dell'uscita ed il punto corrispondente a —300 volt. In tal modo, il passaggio di corrente attraverso le regolatrici in serie, è mantenuto costante in corrispondenza di tutte le tensioni richieste in uscita.

Il potenziometro da 50 kohm, connesso ai capi della sorgente di tensione che fornisce —150 volt, rende disponibile una tensione di polarizzazione variabile, la quale è accoppiata ai relativi terminali d'uscita, attraverso una resistenza limitatrice di corrente, del valore di 22 kohm. Tale resistenza evita che si producano danni nell'apparecchio, se l'uscita viene accidentalmente cortocircuitata.

Le tensioni di accensione dei filamenti dell'alimenta-

Veduta dello chassis e del retro del pannello frontale. « MA » è il milliamperometro 0—150 mA; « MB » è il voltmetro. In « CA » si scorge la regolazione del potenziometro che reca la stessa sigla sullo schema. « PL » è la lampada spia, mentre « SW » è il commutatore-interruttore di accensione a tre posizioni (spento-attesa-tensione). Il trasformatore a sinistra è quello dei filamenti e l'altro quello delle alte tensioni. « GE » è il cordone rete, ed « F » un fusibile posto in serie ad uno dei conduttori d'entrata.

Una veduta delle disposizioni delle parti al disotto del piano dello chassis, e dei relativi collegamenti è riportata a pagina 406.

Esse determinano in uscita una tensione stabile che può avere due valori: —150 e —300 volt. Questi due valori, o meglio le tensioni, costituiscono un riferimento per la valvola di controllo 6BH6 e per il circuito del partitore ad essa associato.

zione **PS-4**, vengono fornite da un trasformatore separato: esso rende disponibile anche una tensione di 6,3 volt (con una corrente di 4 ampère) per alimentare eventualmente i filamenti dell'apparecchio al quale l'alimentatore deve essere unito.

MESSA a PUNTO e COLLAUDO

Una volta ultimati i collegamenti dell'apparecchio, si provvede al collaudo ed alla messa a punto, seguendo la procedura qui esposta.

L'interruttore di accensione deve essere in posizione *off* (spento).

Portare il controllo di polarizzazione *C—output* (uscita) ed il controllo *B+output* (uscita alta tensione) nella posizione di massima rotazione in senso antiorario.

Portare il potenziometro contrassegnato *zero set* (regolazione zero) nella massima rotazione in senso orario.

Portare il potenziometro contrassegnato *400 volt set* (regolazione 400 volt) alla massima rotazione in senso antiorario.

Portare il commutatore dello strumento *SL* nella posizione *B+output*.

Prima di tali operazioni, nessun carico deve essere applicato all'uscita. Collegare il cordone rete alla presa di corrente, tramite un autotrasformatore se detta tensione è superiore a 120 volt.

Portare l'interruttore di accensione in posizione *standby* (attesa) ed aspettare alcuni minuti per permettere alle valvole di raggiungere la temperatura di funzionamento. Controllare che i filamenti delle valvole 6X4, 6BH6 e delle due 6L6, siano accesi.

Portare l'interruttore di accensione in posizione *on* (funzionamento). Se tutto è regolare, lo strumento che indica la corrente di uscita indicherà zero, mentre il voltmetro indicherà una tensione compresa tra 0 e 100 volt.

Regolare il controllo *zero set* in senso antiorario, finchè anche il voltmetro indica 0.

Portare la manopola *B+output* nella massima rotazione in senso orario.

Regolare il controllo *400 volt set* in senso orario fino ad ottenere sul voltmetro una indicazione di 400 volt.

Regolare la manopola *B+output* in senso antiorario fino al termine della rotazione.

Poichè i due controlli *zero-set* e *400 volt set* si influenzano a vicenda, è opportuno ripetere la sequenza delle ultime quattro operazioni almeno 3 o 4 volte.

Ciò completa la messa a punto dell'apparecchio, dopo di che esso può essere inserito nella sua custodia.

Per il funzionamento normale, è opportuno collegare il terminale comune *B2* al terminale di massa *B3*.

Messa a punto nei confronti dell'alta tensione

Collegare il carico tra i terminali *common* (comune) e *B+output* (uscita alta tensione). Ruotare il controllo *B+output* in senso orario fino ad ottenere la tensione d'uscita desiderata. Controllare sugli strumenti il valore della corrente e della tensione (sulla scala di 400 volt). Fare attenzione a non superare i valori massimi consentiti. Osservare per questo, la linea rossa di riferimento corrispondente a 100 mA sul milliamperometro.

Messa a punto della tensione di polarizzazione

Collegare l'uscita al circuito sotto prova o ad un carico leggero qualsiasi posto tra i terminali *common* e *C—output*. Portare il commutatore dello strumento in posizione *C—output*. Ruotare la manopola *C—output* in senso orario fino ad ottenere la tensione desiderata, controllandola sul voltmetro ed osservando la scala avente il valore di 150 volt massimi.

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

KIT

MODELLO

PS-4

CARATTERISTICHE

Alimentazione	105 ÷ 125 Volt C.A.; 50 ÷ 60 Hz
Assorbimento massimo . . .	150 Watt

USCITA:

Alta tensione	Da 0 a 400 Volt cc stabilizzata; da 0 a 100 mA continui (125 mA intermittenti)
Tensione negativa	Da 0 a 100 Volt cc; 1 mA
Tensione di filamento . .	6,3 Volt; 4 Ampere, isolata dal telaio a 1500 Volt cc.
Regolazione dell'alta tensione	La tensione d'uscita varia meno dell'1 % da vuoto a carico per le uscite da 100 a 400 Volt. Per variazioni di tensione di rete di ± 10 Volt su 117 Volt la variazione della tensione di uscita è inferiore a ± 0,5 Volt
Residuo di corrente alternata	Inferiore a 10 mV. efficaci
Impedenza d'uscita del circuito di alta tensione . .	Inferiore a 10 ohm dalla corrente continua ad 1 MHz

STRUMENTI INDICATORI:

Voltmetro	Da 0 a 400 Volt oppure da 0 a 150 Volt
Milliamperometro	da 0 a 150 milliampere

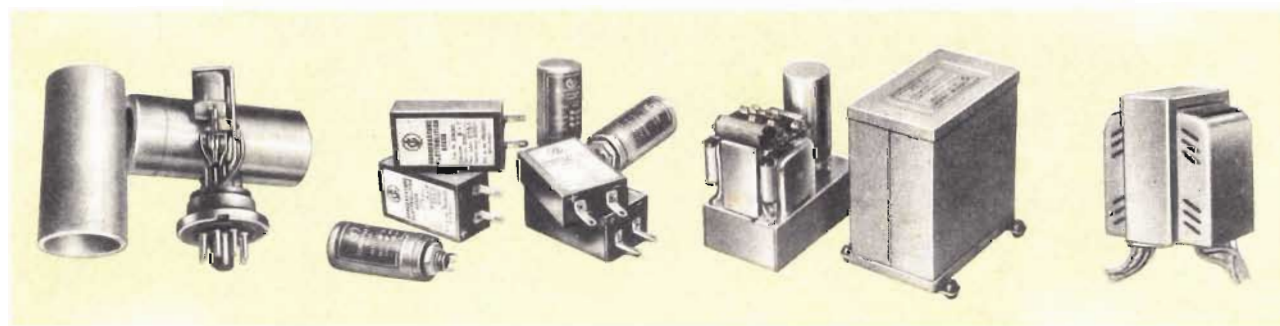
RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

LARIR soc. r. l. **MILANO** P.zza 5 GIORNATE 1
Telefoni: 795.762 - 795.763

AGENTI ESCLUSIVI DI VENDITA PER:
LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI
Soc. FILC RADIO - ROMA
Piazza Dante, 10 - Telefono 736.771
EMILIA - MARCHE
Ditta A. ZANIBONI - BOLOGNA
Via Azzogardino, 2 - Telefono 263.359

GELOSO

Dal 1931 su tutti i mercati del mondo

PARTI STACCATE PER RADIO - TELEVISIONE - AMPLIFICAZIONE - APPARECCHI ELETTRONICI

IMPEDENZE DI FILTRO - STABILIZZATORI DI TENSIONE - MICRORELAIS - FILTRO SILENZIATORE
CONDENSATORI ELETTROLITICI - VIBRATORI - SURVOLTORI - INVERTITORI - TRASFORMATORI

CHIEDETE IL LISTINO DELLE PARTI STACCATE ED IL "BOLLETTINO TECNICO GELOSO"

Direzione Centrale: **GELOSO** S.p.A. Viale Brenta 29 - MILANO